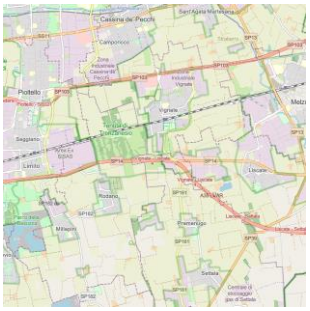
VIGNATE (MI)



RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3)

D.M. 17.01.2018 (NTC 2018) – D.G.R. IX/2616 30.11.2011

STACK MIL 05 B

VIA PUGLIA SNC, VIGNATE (MI)

Committente:

L22

Lombardini22 S.p.A.

Via Lombardini 22 20143 Milano, Italia

Simone
Scarabelli
31.07.2025
18:09:11
GMT+02:00

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
SIMONE SCARABELLI
geologo specialista
Albo n. 1372 AP
sezione A

Data 13/05/2025					
	cod. 34/25		redatto	controllato	approvato
Rev0	Int1		M.Sala	S.Scarabelli	S.Scarabelli
Rev1	Int2				
Rev2	Int3				
Rev3	Int4				

SOMMARIO

1 PREMESSA 4
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 5
3 STATO DI FATTO E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO 6
4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 8
5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 11
6 FATTIBILITÀ – VINCOLI GEOLOGICI, IDROGEOLOGICI ED IDRAULICI 14
7 CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE 17
7.1 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO 18
7.1.1 PROVE DI RESISTENZA MECCANICA S.P.T. 20
7.1.2 CAMPIONI INDISTURBATI 20
7.1.3 CAMPIONI RIMANEGGIATI 21
7.1.4 PIEZOMETRO A TUBO APERTO 21
7.2 PROVE PENETROMETRICHE D.P.S.H. 21
7.3 PROVA M.A.S.W. 22
7.4 PROVA H.V.S.R. 23
8 STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO 24
9 SISMICITÀ 25
9.1 ZONA SISMICA 25
9.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA 40
9.3 FREQUENZA CARATTERISTICA DI RISONANZA DEL SITO 42
9.4 ANALISI DI II LIVELLO 43
10 PARAMETRI GEOTECNICI MEDI 47
11 LIQUEFAZIONE 48
12 CONCLUSIONI 50

ALLEGATO 1 – STRATIGRAFIE SONDAGGI 52

ALLEGATO 2 – GRAFICI PROVE PENETROMETRICHE 53

ALLEGATO 3 – CERTIFICATI PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO 54

ALLEGATO 4 – DOCUMENTAZIONE PROVE MASW/HVSR 55

1 PREMESSA

La presente relazione, redatta per conto della società Lombardini 22 S.p.A., costituisce il supporto geologico e sismico preliminare alla progettazione dei lavori per la realizzazione di un nuovo Data Center su terreni siti in Comune di Vignate (MI), via Puglia.

Figura 1: Ortofoto con ubicazione area in esame.

Tale relazione ottempera a quanto richiesto dal D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" ed è finalizzata in particolare alla definizione delle caratteristiche geologico-geomorfologiche dell'area e dell'assetto litostratigrafico e geotecnico nonché alla caratterizzazione sismica dei terreni di imposta delle previste strutture; in particolare lo scopo dell'indagine è quello di fornire al Progettista utili indicazioni per la scelta delle possibili tipologie fondazionali, in funzione dei carichi di esercizio e delle effettive condizioni litostratigrafiche del volume significativo di terreno interessato dalle opere in progetto.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente elaborato è stato redatto in accordo con le normative di seguito elencate:

- D.M. LL.PP. 11.03.88 *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"*;
- D.M. LL.PP. 17.01.18 *"Norme tecniche per le costruzioni – Testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni, di cui alla legge 5 novembre 1971, n.1086, alla legge 2 febbraio 1974, n.64, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n.380, ed al decreto-legge 28 maggio 2004, n.136, convertito con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n.186"*;
- Circolare n.7 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici 21.01.19 *"Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018"*;
- Eurocodice 7 *"Progettazione geotecnica – parte I: Regole Generale (1997) – parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002) – parte III: progettazione assistita con prove in sito (2002)"*;
- Eurocodice 8 (1998) *"Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture – parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici"*;
- O.P.C.M. n.3519 28.04.06 *"Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"*;
- Allegato al voto n.36 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici 27.07.07 *"Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale"*;
- D.G.R. n. IX/2616 30.11.2011 "*Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12', approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n.8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n.8/7374",* pubblicata sul BURL n.50 Serie ordinaria del 15 dicembre 2012;
- P.G.T. (Piano di Governo del Territorio) del Comune di Vignate *"Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica"* - Dott. Geol. Paolo Cardarelli, Dott. Geol. Massimo Elitropi, marzo 2008.

3 STATO DI FATTO E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'area interessata dall'intervento in progetto si trova in corrispondenza della porzione periferica esterna verso Nord/Nord-Ovest rispetto al centro abitato di Vignate, più precisamente in fregio a via Puglia, in una zona caratterizzata da insediamenti di carattere prevalentemente artigianale-industriale.

Nella figura seguente è rappresentato l'inquadramento geografico di riferimento, con indicazione dell'area oggetto di intervento.

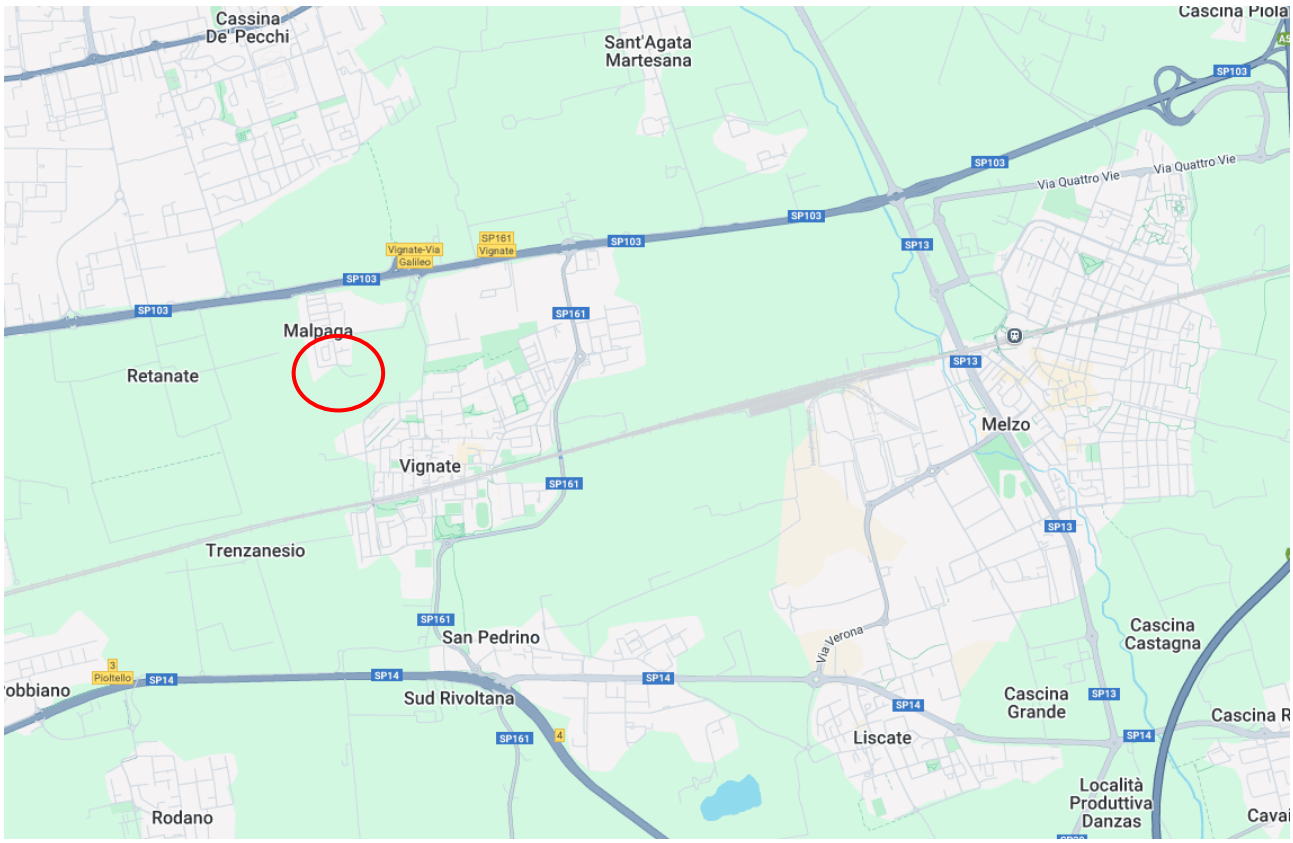


Figura 2: Inquadramento geografico di riferimento.

L'area in esame è catastalmente identificata dal Foglio n.3, Mappali n.114, occupato da un esistente capannone, e n.115, n.116, n.117, n.293, attualmente incolti, del Comune di Vignate.

Il progetto prevede la realizzazione, previa demolizione del fabbricato sito in corrispondenza del mappale n.114, di un nuovo capannone da adibire a Data Center che presenterà pianta ad "L" inclusa nelle dimensioni planimetriche massime di mq 170 x 80 ed elevazione massima di circa 8 metri.

La viabilità si svilupperà ad anello intorno al fabbricato principale.

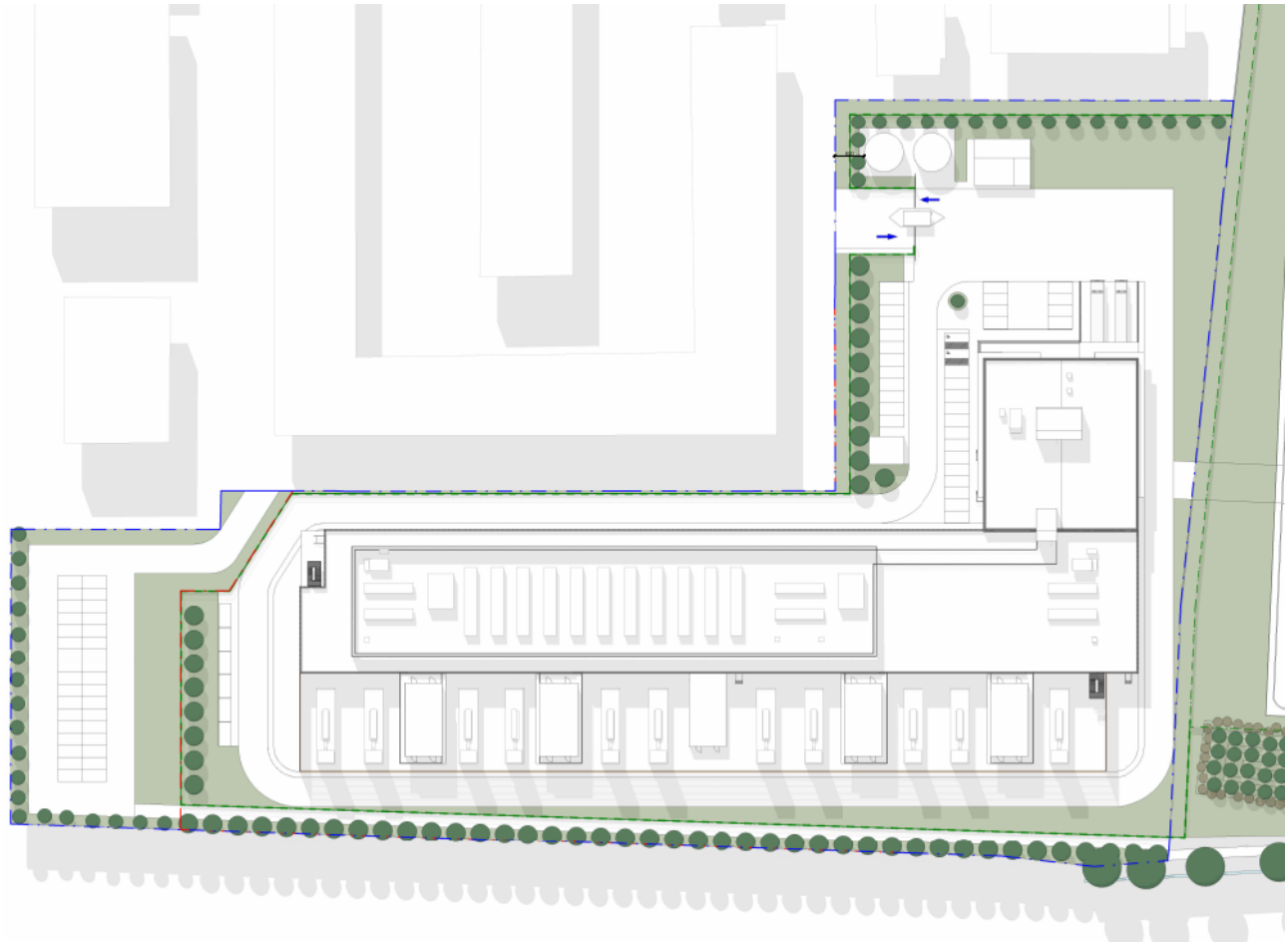


Figura 3: Masterplan intervento in progetto.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Il territorio del comune di Vignate è ubicato nel settore settentrionale della pianura padana lombarda, subito ad Est della città di Milano; l'area è compresa nel quadrante B6 della Carta Tecnica Regionale.

Il contesto di pianura monotona è interrotto dai numerosi canali irrigui dei quali i più importanti derivano dal Naviglio Martesana e presentano direzione generale verso Sud.

Il territorio, appartenente alla cintura metropolitana, ha subito un importante sviluppo residenziale ed industriale nell'ultimo trentennio, che ha determinato un contrasto con aree che conservano ancora il carattere agricolo originario, caratteristica questa comune a quanto si osserva in altri centri abitati immediatamente a Est/Sud-Est di Milano.

Ad un esame dettagliato dell'assetto geomorfologico il territorio presenta un andamento relativamente pianeggiante con blando declivio verso Sud e quote comprese tra 119 e 121 metri s.l.m.; alcune modeste ondulazioni sono dovute ai processi deposizionali delle grandi conoidi pedemontane.

Il drenaggio delle acque di superficie ha creato incisioni ed avvallamenti, che tuttavia risultano poco evidenti o addirittura completamente obliterati dalle trasformazioni antropiche, che rappresentano invece gli elementi morfologici di maggior spicco dell'area (specchi d'acqua delle attività di cava, cigli di scarpata e rilevati stradali).

La successione stratigrafica del sottosuolo è rappresentata dai sedimenti appartenenti al sistema deposizionale plio-pleistocenico padano i cui termini basali (Pliocene-Pleistocene inf.), di origine marina, sono complessivamente costituiti da marne argilloso-siltose e da argille siltose.

Su di essi poggia la sequenza continentale (Pleistocene medio sup. - Olocene) formata dalla successione "Villafranchiana", costituita da depositi di ambiente palustre-lacustre a bassa energia, litologicamente caratterizzati da un complesso limoso-argilloso intercalato da ricorrenti livelli sabbiosi (Braga, Cerro e Pilla, 1998) e dal "materasso alluvionale", rappresentato da depositi di origine fluviale e fluvioglaciale (Pleistocene medio-superiore) per lo più costituiti da ghiaie e sabbie, a cui si intercalano orizzonti limosi e argillosi.

Sulla copertura alluvionale, che rappresenta l'ultima fase della sedimentazione nel bacino Padano, è impostato il Ripiano Fondamentale della Pianura sul quale hanno poi agito i corsi d'acqua incidendone i depositi e modellandone la superficie. Le azioni erosive perpetrate principalmente dal fiume Po e dai corsi d'acqua limitrofi all'area in esame quali il fiume Lambro, il torrente Molgora ed il fiume Adda, hanno prodotto incisioni testimoniate dalle scarpate di raccordo fra tardoglaciale würmiano ed Olocene.

Il contesto geologico di pertinenza è stato desunto dalla *Carta Geologica d'Italia* – Foglio 45 – MILANO, scala 1:100.000 (fig. 2): l'area si colloca sulle "*Ghiaie sabbiose e sabbie (prevalenti a sud) con strato superficiale di alterazione limitato a 40 ÷ 60 cm, generalmente brunastro, costituenti il livello fondamentale della pianura DILUVIUM RECENTE* – $q^{'3}$".

Litologicamente si tratta di depositi alluvionali quaternari di età pleistocenica (Diluvium) rappresentati dal punto di vista granulometrico da terreni essenzialmente fini in superficie (limi argillosi, sabbie fini) e localmente grossolani in profondità (sabbie, ghiaietto e ghiaie), con possibile presenza di banchi limoso-argillosi.

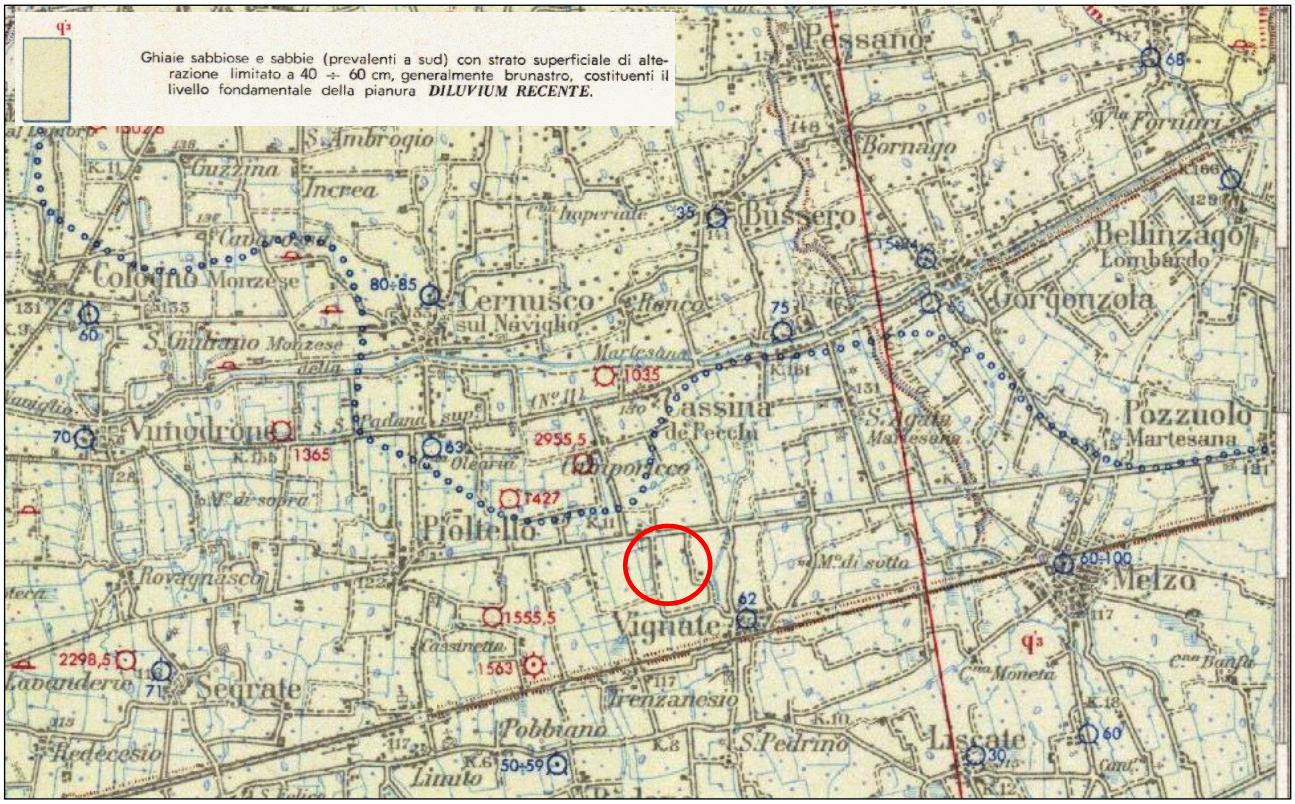


Figura 4: Carta Geologica d'Italia - Foglio Milano n.45, in scala 1:100.000.

Pertanto, come descritto, in superficie si riscontra in genere la presenza di uno strato eluvio-diluviale, argilloso-limoso, con spessore di ordine variabile, da inferiore al metro a plurimetrico, spesso rimaneggiato o frammisto a materiali di riporto, talvolta di epoca storica.

A causa delle modalità di formazione dei depositi descritti è comune osservare una locale variazione delle granulometrie, in senso sia verticale che orizzontale. A ciò si aggiungono le variazioni di origine antropica che hanno alterato l'assetto stratigrafico originario, almeno nei livelli più superficiali.

5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il modello idrogeologico dell'area di studio è stato ricostruito integrando informazioni stratigrafiche e/o caratterizzazioni idrodinamiche reperite o effettuate dagli autori, relative ad opere di captazione pubbliche e private, con i dati desunti dagli studi idrogeologici più autorevoli e aggiornati relativi agli acquiferi padani della regione Lombardia, di seguito sintetizzati.

Nella schematizzazione idrostratigrafica si è tenuto conto della suddivisione in unità idrostratigrafiche proposta nel 1995 da Avanzini M., Beretta G.P., Francani V. e Nespoli M.2, che prevede, dall'alto verso il basso:

- Unità ghiaioso-sabbiosa, costituita da facies fluviali dell'Olocene-Pleistocene Superiore;
- Unità sabbioso-ghiaiosa, costituita da facies fluviali del Pleistocene Medio;
- Unità a conglomerati e arenarie, costituita da facies fluviali del Pleistocene Inferiore;
- Unità sabbioso-argillosa, costituita da facies continentali e transizionali, riconducibili a Pleistocene Inferiore, al Villafranchiano Superiore e Medio Auctorum p.p.;
- Unità argillosa, costituita da facies marine riconducibili al Pleistocene Inferiore e al Calabriano Auctorum p.p..

Tale suddivisione è stata aggiornata sulla base delle risultanze dello studio Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia, pubblicato nel 2002 dalla Regione Lombardia in collaborazione con Eni-Divisione Agip e del relativo Aggiornamento geologico-stratigrafico (marzo 2005). In tale studio si propone un modello geologico del sottosuolo della pianura a scala regionale, che individua quattro Gruppi Acquiferi sovrapposti (A, B, C e D), delimitati alla base dall'interfaccia acqua dolce / acqua salata, come di seguito riportato:

- *Gruppo Acquifero A* (Olocene, Pleistocene Superiore – Pleistocene Medio); praticamente corrispondente alla suddetta unità ghiaioso-sabbiosa, costituisce la porzione superiore del cosiddetto Acquifero Tradizionale; La conducibilità idraulica di questa unità – *Gruppo Acquifero A* – è compresa tra 10^{-3} e 10^{-4} m/s.
- *Gruppo Acquifero B* (Pleistocene Medio); all'incirca corrispondente all'insieme delle suddette unità sabbioso-ghiaiosa e a conglomerati e arenarie, costituisce la porzione inferiore del cosiddetto Acquifero Tradizionale;

• *Gruppo Acquifero C* (Pleistocene Inferiore [Siciliano ed Emiliano]); corrispondente alla porzione superiore della suddetta unità sabbioso-argillosa;

• *Gruppo Acquifero D* (Pleistocene Inferiore [Santerniano]); corrispondente alla porzione inferiore (Santerniano) della suddetta unità sabbioso-argillosa.

Dal punto di vista idrogeologico locale, l'area in esame risulta caratterizzata dalla presenza di una prima falda freatica sita a profondità di ordine plurimetrico dal piano campagna, come già espresso regolata principalmente dagli afflussi meteorici stagionali e dalle pratiche agricole irrigue nelle campagne circostanti l'abitato di Vignate.

Nella Tavola 5 - Acque Sotterranee allegata allo Studio Geologico a supporto del P.G.T. comunale la soggiacenza della falda in corrispondenza dell'area è segnalata a quote comprese tra circa 113 e 114 metri s.l.m., corrispondenti a profondità di circa 6.0-7.0 metri dal piano campagna.

Più in superficie possono invece sussistere filtrazioni idriche "sospese" per lo più di carattere temporaneo e di intensità variabile in relazione alle condizioni meteoclimatiche stagionali, localizzate nei livelletti di materiali incoerenti permeabili per porosità.

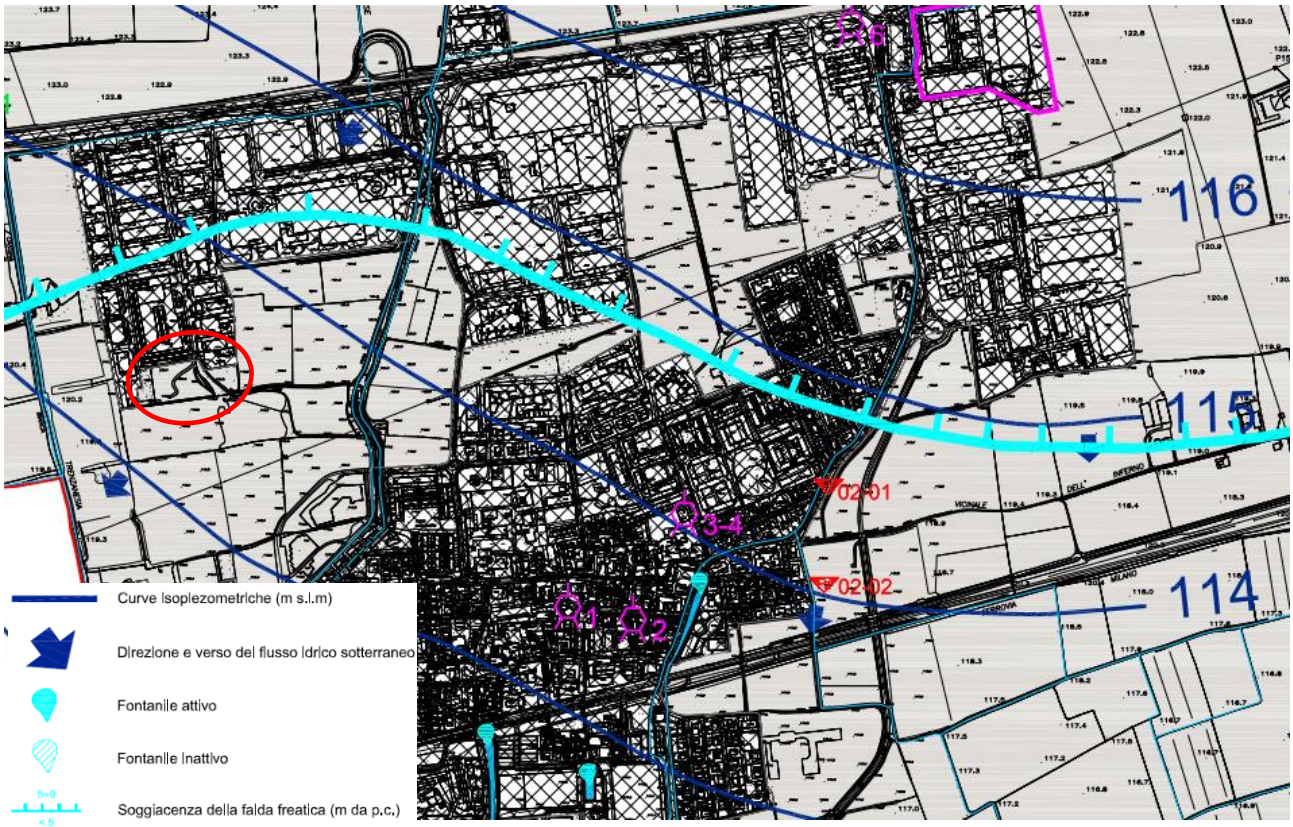


Figura 5: Estratto Carta Idrogeologica in scala 1:10.000 PGT Comune di Vignate

Nel settore in oggetto, secondo l'elaborazione analizzata, tale falda presenta una direzione generale di flusso con direttrice disposta in senso Nord-Est/Sud-Ovest, che risulta debolmente condizionata solo localmente da limitati abbassamenti dovuti all'attività di emungimento delle acque di falda da parte sia dei pozzi acquedottistici che di quelli delle attività industriali ancora presenti, condizioni in ogni caso non determinano importanti zone di depressione della superficie piezometrica.

Tale falda presenta oscillazioni di ordine plurimetrico: durante la campagna di indagine del 2022 la falda è stata misurata ad una quota di circa -10.0 metri dal piano campagna mentre le rilevazioni riferite al 2010 riportano una soggiacenza dell'ordine di 5.0-6.0 metri dal piano campagna. Allo stesso modo nelle indagini effettuate nel 2025 è stata riscontrata presenza di acqua a profondità dell'ordine di 4.5-5 metri dal piano campagna.

6 FATTIBILITÀ – VINCOLI GEOLOGICI, IDROGEOLOGICI ED IDRAULICI

L'area in esame non ricade entro aree sottoposte a vincolo idrogeologico e/o idraulico, come riportato nella cartografia geologico-tecnica di riferimento. In particolare, nella *Carta dei Vincoli* (fig. 7) pertinente lo Studio Geologico a supporto del P.G.T. comunale (Dott. Geol. Renato Caldarelli, Dott. Geol. Massimo Elitropi, marzo 2008) l'area risulta esterna a qualsiasi vincolo segnalato.

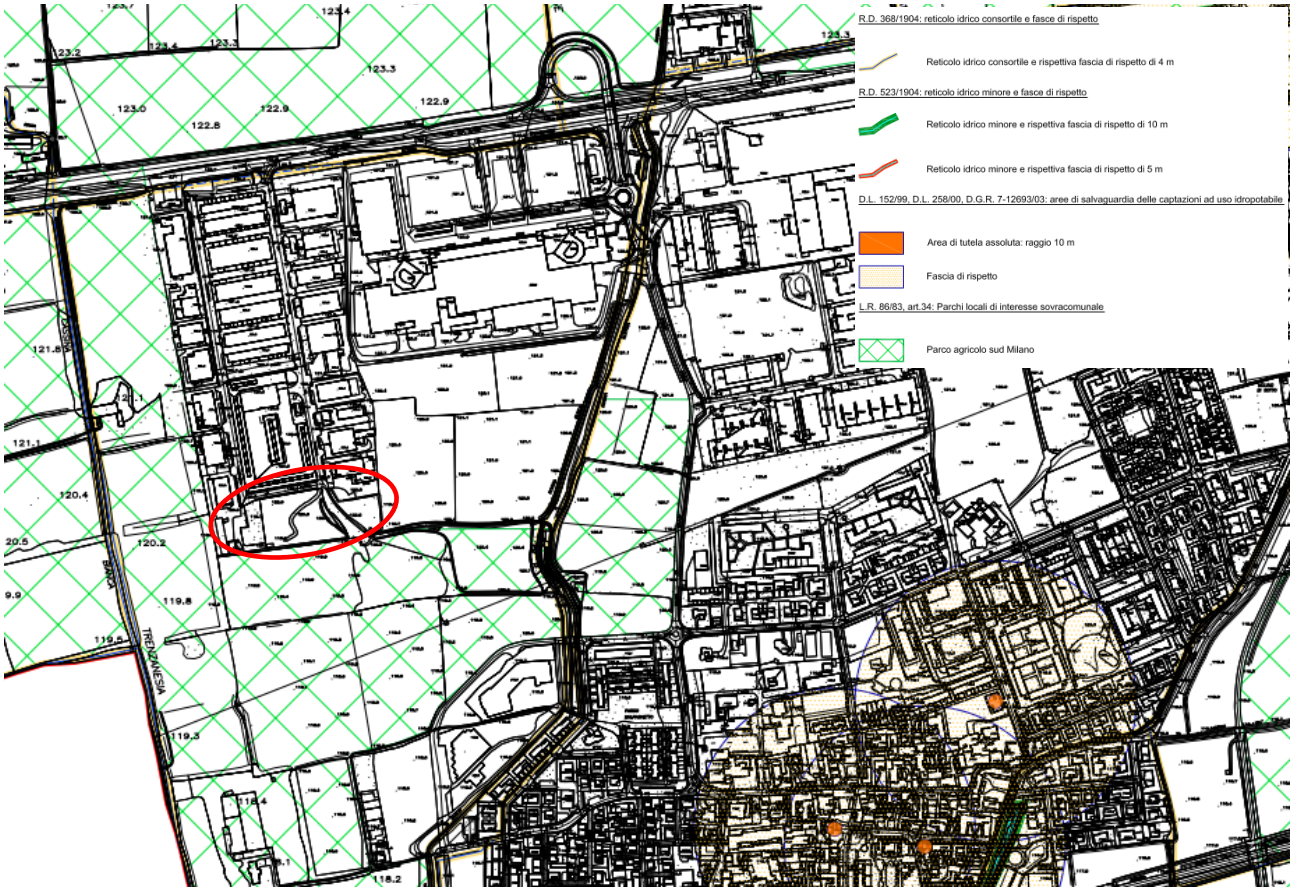

R.D. 368/1904: reticolo idrico consortile e fasce di rispetto
Reticolo idrico consortile e rispettiva fascia di rispetto di 4 m
R.D. 523/1904: reticolo idrico minore e fasce di rispetto
Reticolo idrico minore e rispettiva fascia di rispetto di 10 m
Reticolo idrico minore e rispettiva fascia di rispetto di 5 m
D.L. 152/99, D.L. 258/00, D.G.R. 7-12693/03: aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile
Area di tutela assoluta: raggio 10 m
Fascia di rispetto
L.R. 86/83, art.34: Parchi locali di interesse sovracomunale
Parco agricolo sud Milano
TREVIGLIESE

Figura 6 – Estratto Carta dei Vincoli P.G.T. Comune di Vignate.

Allo stesso modo, nella cartografia *P.G.R.A.-Po* (Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Po), redatta in riferimento al D.Lgs. n.49 del 23.02.2010 ed attuativo della Direttiva Europea 2007/60/CE, revisione 2022 il sedime risulta esterno alle aree allagabili individuate con scenari di pericolosità P1-L, P2-M e P3-H e conseguentemente alle aree a rischio R1, R2, R3 ed R4.

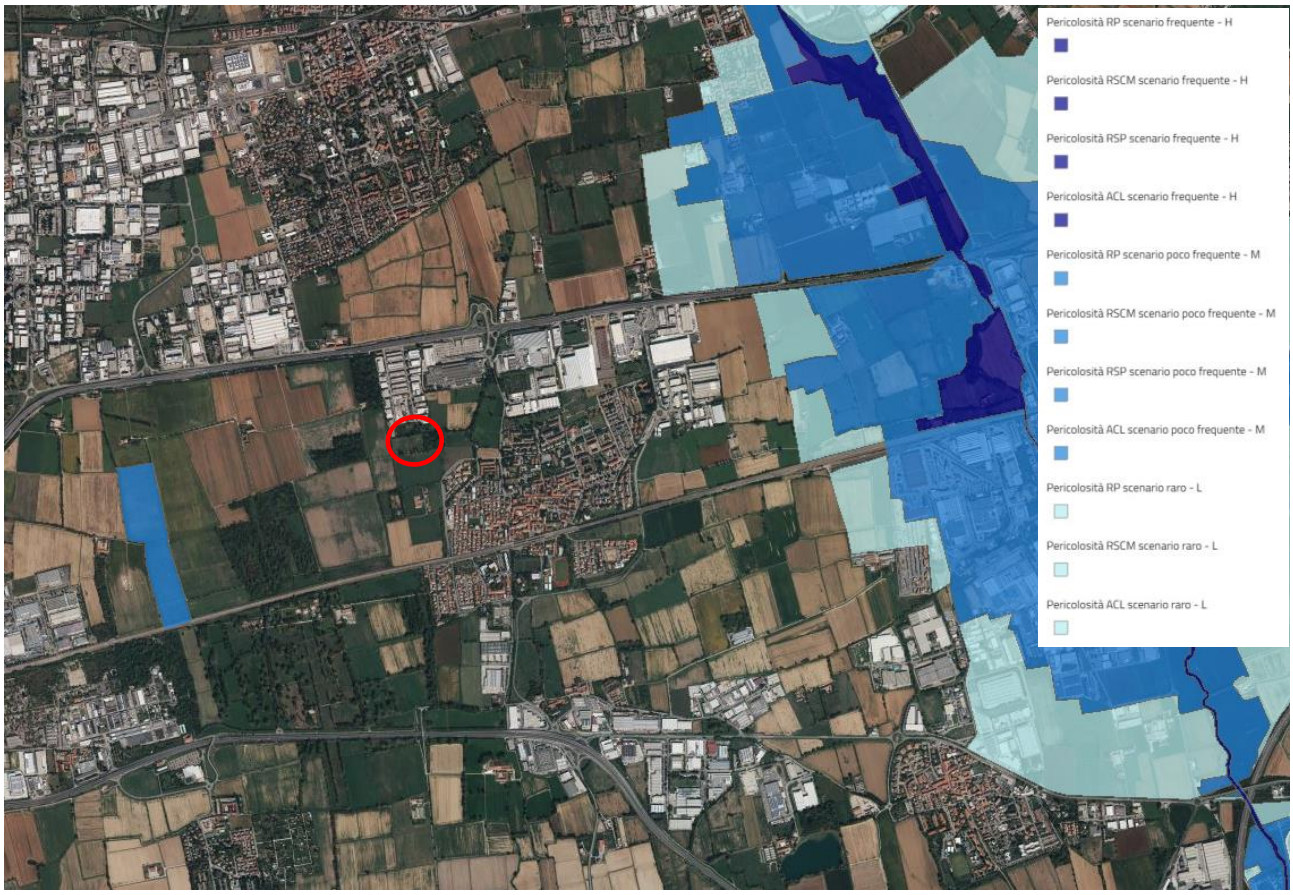

Pericolosità RP scenario frequente - H
Pericolosità RSCM scenario frequente - H
Pericolosità RSP scenario frequente - H
Pericolosità ACL scenario frequente - H
Pericolosità RP scenario poco frequente - M
Pericolosità RSCM scenario poco frequente - M
Pericolosità RSP scenario poco frequente - M
Pericolosità ACL scenario poco frequente - M
Pericolosità RP scenario raro - L
Pericolosità RSCM scenario raro - L
Pericolosità ACL scenario raro - L

Figura 7 – Estratto cartografia del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni di del Po (Geoportale Regione Lombardia).

Nella *Carta della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano* l'area in esame è classificata nella Classe 3 di Fattibilità Geologica, "fattibilità con consistenti limitazioni".

Più nel dettaglio "*la classe 3 occupa la parte meridionale del territorio di Vignate il cui primo sottosuolo è costituito da ghiaie da poco a ben gradate con limo e sabbia e discrete proprietà meccaniche.*
La soggiacenza della falda freatica è molto bassa (mediamente inferiore a 5 metri) e la vulnerabilità molto alta."

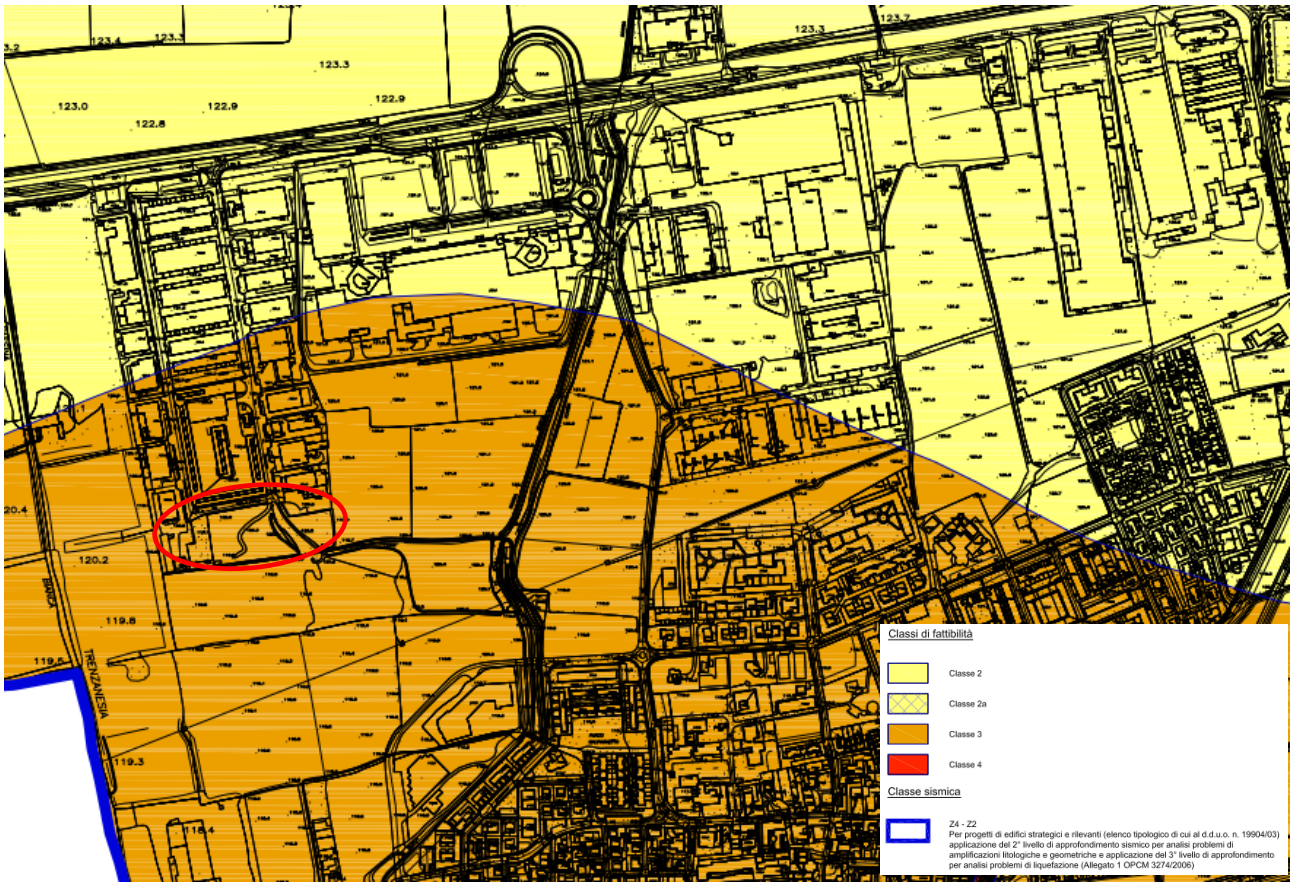

123.3
123.0
122.9
122.8
120.2
119.8
119.3
TREZZANESIA
Classi di fattibilità
Classe 2
Classe 2a
Classe 3
Classe 4
Classe sismica
Z4 - Z2
Per progetti di edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) applicazione del 2° livello di approfondimento sismico per analisi problemi di amplificazioni litologiche e geometriche e applicazione del 3° livello di approfondimento per analisi problemi di liquefazione (Allegato 1 OPCM 3274/2006)

Figura 8 – Estratto Carta della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano PGT Comune di Vignate.

In aggiunta "*qualsiasi modifica alle destinazioni d'uso di questa parte di territorio è subordinata alla realizzazione di supplementi di indagine geognostica che consentano di approfondire la conoscenza delle caratteristiche idrogeologiche del sito e, in relazione al potenziale carico inquinante dell'insediamento, di valutare il grado di rischio di inquinamento e la metodologia per la salvaguardia della risorsa idrica (vedi classe 2), nonché un approfondimento della conoscenza delle proprietà fisico-meccaniche del terreno di fondazione mediante prove puntuali.*".

A tal proposito, dal punto di vista della fattibilità geologica, l'area è giudicata idonea ad accogliere l'intervento di edificazione programmato, fatte salve le prescrizioni di carattere geologico-geotecnico alle quali ci si dovrà attenere in fase esecutiva e che verranno indicate nei paragrafi successivi, sulla base degli approfondimenti svolti.

7 CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE

Il programma di indagine ha comportato le seguenti operazioni:

- n.3 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 35,0m dall'attuale p.c. (S1, S2/PZ1, S3);
  - esecuzione di prove S.P.T. in foro;
  - prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
  - installazione di piezometro a tubo aperto in PVC diam.3'' in corrispondenza del foro di sondaggio S2/PZ1;
- n.5 prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H., spinte tutte a profondità di 12.00m dall'attuale p.c. (P1÷P5);
- n.1 base sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) della lunghezza complessiva di 60.0m (L1);
- n.1 rilevazione puntuale del microtremore sismico ambientale della durata di 20 minuti (TR1);
- prove geotecniche di laboratorio sui campioni di terreno prelevati:
  - determinazione del peso di volume;
  - analisi granulometriche per vagliatura e sedimentazione;
  - determinazione dei limiti di Atterberg;
  - prove triassiali CIU;
  - prove di taglio diretto;
  - prove di consolidazione edometrica.

Figura 9: Ortofoto con ubicazione indagini geognostiche.

Di seguito si illustrano i dettagli e le modalità esecutive delle indagini; in allegato sono riportate le stratigrafie dei sondaggi unitamente alla documentazione fotografica ed alle risultanze delle prove penetrometriche.

7.1 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

È stata impiegata una sonda perforatrice idraulica Beretta modello T44 allestita su carro cingolato e dotata dei seguenti requisiti tecnici essenziali:

- Forza max. tiro 40 kN;
- Forza max. spinta 40 kN;
- Coppia max. 102 daNm;
- Velocità di rotazione 45÷350 r/min.

La sonda è corredata di martello pneumatico sulla testa di rotazione e di pompa Triplex dotata di circuito supplementare per il rabbocco del fluido a testa foro.

Le perforazioni sono state condotte a carotaggio continuo con l'utilizzo di carotiere semplice avente diametro 101 mm tale da rendere minimo il disturbo dei materiali attraversati e da consentire il prelievo dei campioni rappresentativi (carote). Essa è stata eseguita, compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, senza l'utilizzo di fluidi di circolazione (carotaggio a secco).

Per il sostegno delle pareti del foro, sono stati impiegati rivestimenti provvisori consistenti in tubi di acciaio speciale filettati della lunghezza di 1.0÷1.5 m e del diametro di 127 mm. Durante le operazioni di posa del rivestimento provvisorio si è reso necessario l'impiego di fluidi di perforazione per il raffreddamento del tagliente (scarpa) e l'asportazione del detrito: a tale scopo si è impiegata circolazione diretta di acqua chiara. Nel corso della perforazione si è provveduto a:

- Esecuzione di prove a resistenza meccanica S.P.T.;
- Prelievo di campioni indisturbati tipo Shelby;
- Prelievo di campioni rimaneggiati.

I sondaggi sono stati descritti in appositi moduli stratigrafici in cui si sono indicate, in funzione della profondità:

- Rappresentazione stratigrafica e descrizione dei terreni attraversati, spessore delle alternanze litologiche, colore delle formazioni, composizione granulometrica approssimata e frazione fine prevalente;
- Quota di esecuzione delle prove S.P.T. e relativi valori riscontrati;
- Quota di prelievo dei campioni indisturbati e rimaneggiati;
- Schema installazione tubazione piezometrica.

I materiali estratti dai carotieri sono stati collocati in apposite cassette catalogatrici in PVC, adatte a contenere 5 metri di carote, sulle quali sono stati annotati l'identificazione del punto di sondaggio, la relativa profondità, la località e l'identificazione del committente; esse sono state quindi analizzate a vista per la redazione della stratigrafia e infine fotografate. Le cassette contenenti i campioni di terreno estratti durante i carotaggi sono ricoverate presso le aree di cantiere.

7.1.1 PROVE DI RESISTENZA MECCANICA S.P.T.

La prova consiste nell'infissione a percussione di un tubo campionatore a parete grossa tipo Raymond, avente diametro esterno 51 mm e diametro interno 34.9 mm, collegato alla superficie con aste di diametro di 51 mm. Il dispositivo di percussione a sganciamento automatico è costituito da un maglio di 63.5 Kg con una altezza di caduta di 760 mm. Solo localmente, in base alla granulometria dei terreni riscontrati in fase di perforazione, al tubo campionatore era applicata la specifica punta chiusa, ∅ 50mm, conicità 60°.

Il campionatore viene fatto penetrare nel terreno per una profondità pari a 45 cm, a partire dalla quota di fondo foro, rilevando il numero di colpi (N) necessari per l'avanzamento di ciascun intervallo di 15 cm. Il valore di N_{SPT} è ottenuto sommando i colpi necessari all'avanzamento del 2° e 3° intervallo. La prova viene interrotta quando il numero di colpi N, per un intervallo di 15 cm, supera il valore di 50, annotando in tal caso il rifiuto alla penetrazione e registrando l'infissione in cm ottenuta con 50 colpi.

I valori di N ottenuti devono quindi essere normalizzati secondo la seguente espressione:

$$N_{60} = N_{S.P.T.} \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_S \cdot C_R$$

dove:

$N_{S.P.T.}$ = numero di colpi per l'affondamento di 30cm misurato nella prova
C_E = correzione per il rapporto di energia (rendimento sistema di battitura/60)
C_B = correzione per il diametro del foro (1.0 per Ø65÷115mm)
C_S = correzione per il metodo di campionamento (1.0 per campionatore standard)
C_R = correzione per la lunghezza delle aste (0.75 se L=3÷4m; 0.85 se L=4÷6m; 0.95 se L=6÷10m; 1.0 se L>10m)

Inoltre, per tenere conto dell'influenza della pressione verticale del terreno sovrastante, deve essere utilizzata la formula: $N_{(1)60} = C_N \cdot N_{60}$ con $C_N = \sqrt{\frac{98,1}{\sigma'_v}}$

7.1.2 CAMPIONI INDISTURBATI

Durante le fasi di perforazione sono stati prelevati campioni di terreno indisturbati destinati alle successive prove di laboratorio, utili alla caratterizzazione fisico-meccanica e geotecnica dei materiali.

I prelievi sono stati effettuati per mezzo di un tubo campionatore tipo “Shelby”, diametro 85 mm, in acciaio inossidabile dello spessore 2mm, con lunghezza 60÷65 cm, infisso a pressione costante con velocità compresa tra 15 e 30 cm/sec direttamente trasmessa dalla batteria di aste; tale campionatore è idoneo a raggiungere qualità Q5 in presenza di argille da mediamente a molto compatte. Al termine dell’infissione i campionatori sono stati ripuliti delle parti detritiche presenti alle estremità, sigillati con paraffina liquida, etichettati e consegnati al laboratorio di analisi C.G.G. S.r.l. con sede a Piacenza (PC).

7.1.3 CAMPIONI RIMANEGGIATI

I campioni rimaneggiati sono rappresentativi della granulometria e del materiale prelevato. Sono stati selezionati dalle carote nella fase di sistemazione delle stesse nelle cassette catalogatrici, sigillati in sacchetti di plastica trasparente, etichettati e consegnati al laboratorio di analisi C.G.G. S.r.l. con sede a Piacenza (PC).

7.1.4 PIEZOMETRO A TUBO APERTO

Il piezometro allestito all’interno della perforazione S2/PZ1 è costituito da tubo in P.V.C. atossico fornito dalla Fimap Technologies S.r.l. di San Benedetto Po (MN); essi sono composti da tubazione Ø3” cieca fino a -3m da p.c. e microfessurata da tale quota fino a fondo foro (-35m); i tubi sono dotati sia alla base che nella parte sommitale di tappo avvitato.

All’esterno dei tubi è stato posato un manto drenante, costituito da ghiaietto lavato Ø3÷5 mm, dal fondo fino a circa un metro al di sopra del tratto microfessurato. La parte superiore di ogni piezometro è isolata da tampone in cemento/bentonite al fine di evitare l’infiltrazione di acque superficiali; alla sommità dei piezometri è stato collocato chiusino in lamiera preverniciata di colore rosso.

7.2 PROVE PENETROMETRICHE D.P.S.H.

Per l'acquisizione dei dati è stato impiegato un penetrometro semovente statico-dinamico PAGANI modello TG 63-150, dotato di opportuni elicoidi di ancoraggio e punta meccanica Begemann per le prove statiche e di sgancio automatico per le prove dinamiche.

L'esecuzione delle prove dinamiche ha comportato la verifica del numero di colpi N del maglio necessari per infiggere verticalmente nel terreno, per intervalli consecutivi della lunghezza di 20 cm, l'apposita punta conica collegata ad una batteria di aste. Le caratteristiche tecniche dell'attrezzatura in modalità dinamica sono le seguenti:

Peso della massa battente	*63.5 Kg*
Altezza di caduta	*75 cm*
Superficie della punta	*20 cm^2*
Diametro della punta	*51 mm, con conicità 90°*
Diametro delle aste	*32 mm*
Peso delle aste	*6.31 Kg/m*
Passo infissione	*20 cm*

I risultati riscontrati in campagna vengono visualizzati attraverso grafici che riportano per ogni verticale di prova:

- il numero di colpi N_{20} necessari per avanzamenti della punta di 20 cm;
- i valori di resistenza dinamica alla punta (R_{pd}) assimilabili ai valori di R_p.
- i valori di resistenza N_{SPT} ricavati dai valori di N_{20} tramite la correlazione $N_{SPT} = 1.47 \cdot N_{20}$.

7.3 PROVA M.A.S.W.

L'acquisizione di campagna è stata condotta con il sismografo Pasi modello Gea 24 con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtraggio digitale programmabile (per la riduzione dei rumori) e guadagno automatico del segnale (in ampiezza). Sono stati utilizzati n.12 geofoni verticali da 4.5 Hz spaziati di 5m con offset a 5m di distanza dal primo geofono, l'energizzazione è avvenuta tramite mazza del peso di 10 Kg.

Per avere un'approfondita Analisi Multicanale delle Onde di Superficie (M.A.S.W.), il dataset è stato ottenuto mediante le seguenti modalità di acquisizione:

- Dataset Onde Rayleigh componente verticale (ZVF)

  - n.12 geofoni verticali da 4.5 Hz

  - Energizzazione verticale su piastra quadrata in lega di alluminio

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software WinMASW 3C 7.2 beta e nell'analisi sono stati scelti i dataset migliori acquisiti scegliendo il più rappresentativo per le Onde di Rayleigh (ZVF). Una volta individuato il dataset da utilizzare è stato determinato lo spettro di velocità e successivamente è stata effettuata la modellazione. È necessario sottolineare che l'interpretazione delle indagini geofisiche viene fatta nell'ipotesi che gli strati del sottosuolo siano omogenei, orizzontali e con superfici di separazione piano parallele. Si rammenta infine come, in ogni caso, la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira attorno al 10-15%.

7.4 PROVA H.V.S.R.

Si tratta di una metodologia sismica passiva, finalizzata alla determinazione dei valori di frequenza caratteristica del sito e del suolo al fine di verificare che non vi siano eventuali effetti di doppia risonanza, che potrebbero inficiare sulla stabilità delle strutture.

Nel contempo la misurazione effettuata sul terreno ha permesso di verificare la presenza di eventuali orizzonti rifrattori più profondi rispetto alla massima profondità indagata con la sismica attiva.

La misurazione è stata eseguita mediante l'utilizzo di un geofono triassiale digitale 3D PASI, modello Gemini ed i dati sono stati rielaborati tramite software WinMASW 3C 7.2 beta.

Tale indagine geofisica si avvale della tecnica di Nakamura (1989) e sui rapporti spettrali H.V.S.R. (Horizzontal to Vertical Spectral Ratio); viene misurato il microtremore sismico ambientale (rumore sismico) presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Per poter effettuare tale misurazione lo strumento racchiude tre velocimetri elettrodinamici ortogonali tra loro ad alta definizione con frequenza naturale di risonanza 2.0 Hz.

I dati vengono registrati su pc collegato alla strumentazione. Durante la misura si è orientata una delle componenti orizzontali parallelamente alla direzione dello stendimento sismico, per consentire una eventuale ripetizione e sovrapposizione delle registrazioni in tempi successivi.

Operativamente si è proceduto alla registrazione del rumore sismico sulle tre componenti per un intervallo di tempo di 20 minuti.

8 STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO

L'esame dei campioni prelevati nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo e dei diagrammi di resistenza penetrometrica relativi alle prove penetrometriche eseguite in sito ha consentito di definire uno schema nel quale si identificano degli orizzonti litostratigrafici sovrapposti, aventi caratteristiche di resistenza alla penetrazione statica e parametri litologici e geomeccanici specifici.

Tali risultanze evidenziano una situazione litostratigrafica discretamente omogenea nelle verticali di indagine, in particolare i terreni indagati risultano sostanzialmente costituiti da alternanze di livelli ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi con grado di addensamento alternativamente più o meno elevato.

Il modello litostratigrafico locale può essere così proposto:

Strato	Profondità [m]	Litologia
1	da 0.0 a 1.60/2.0	Limi sabbiosi debolmente argillosi di colore marrone localmente sovrastati da materiali eterogenei di riporto
2	da 1.60/2.0 a 4.5/5.50	Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici in poca matrice fine limoso-argillosa
3	da 4.5/5.50 a 7.50/10.50	Sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice fine limoso-argillosa più o meno abbondante
4	da 7.50/10.50 a 12.0/16.0	Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici in poca matrice fine limoso-argillosa
5	> 16.0	Alternanze di ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice fine limoso-argillosa più o meno abbondante e sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice fine limoso-argillosa più o meno abbondante

La falda è stata riscontrata a profondità di circa -4.50 metri dall'attuale piano campagna.

9 SISMICITÀ

9.1 ZONA SISMICA

Secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Lombardia dell'11 luglio 2014 n.2129 entrata in vigore il 10 aprile 2016, il territorio di Vignate è classificato in zona sismica 3.

Zona sismica 3	Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.
AgMax 0,057162	Accelerazione massima presente all'interno del territorio comunale.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	*Descrizione*	*accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]*	*accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag]*	*numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)*
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25$ g	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g	3.002
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05$ g	0,05 g	1.982

Figura 10: Zone sismiche in cui è stato diviso il territorio nazionale secondo l'Ordinanza del PCM n. 3519/2006.

La figura seguente mostra la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, successivamente è riportata l'immagine dell'area di interesse e l'accelerazione al suolo con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni del comune di **Vignate** pari a **PGA = 0.05g – 0,15g**, valore caratteristico della **zona sismica di tipo 3**.

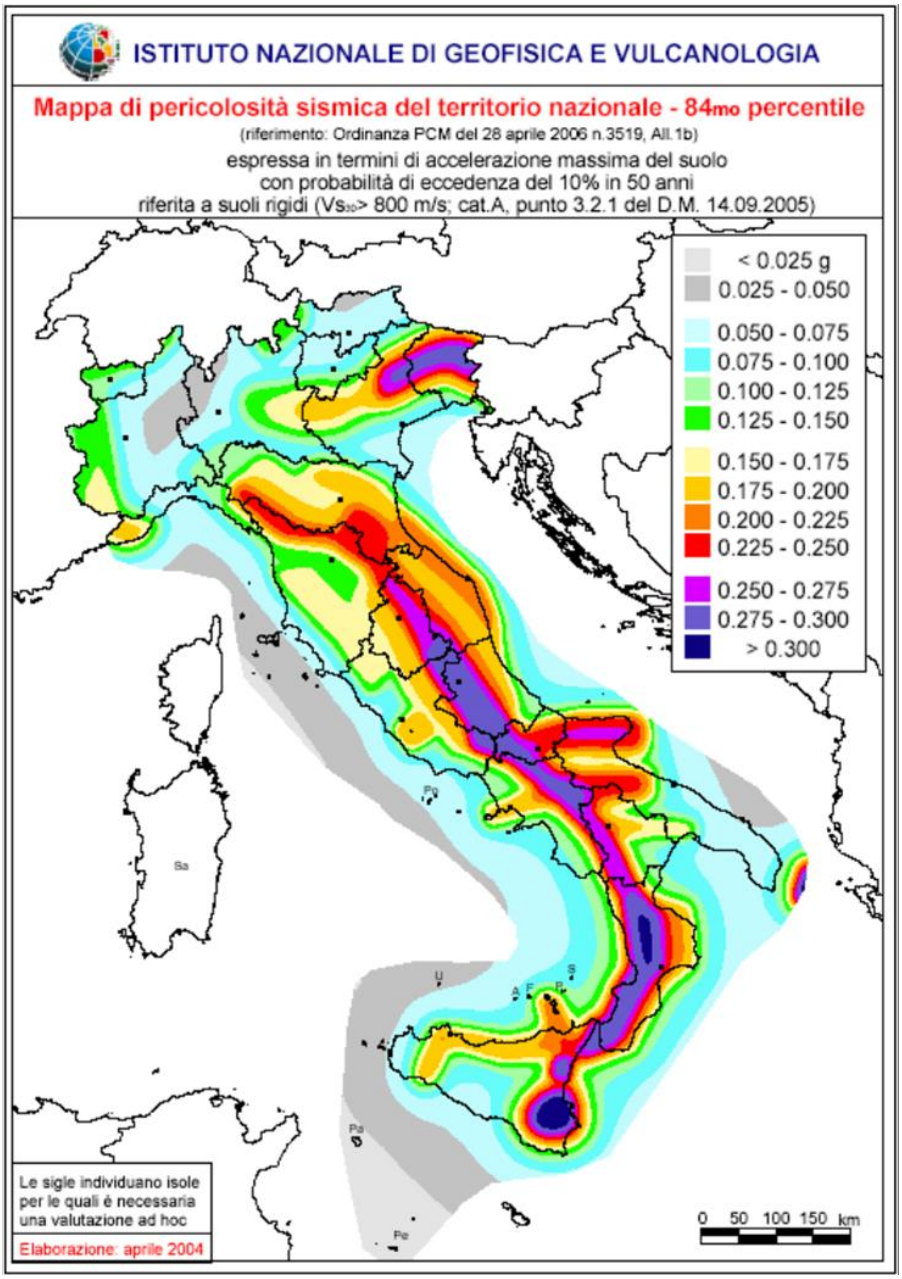


Figura 11: All.1b dell'Ordinanza PCM 3598 del 28/04/2006 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale in cui l'accelerazione massima del suolo viene espressa con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

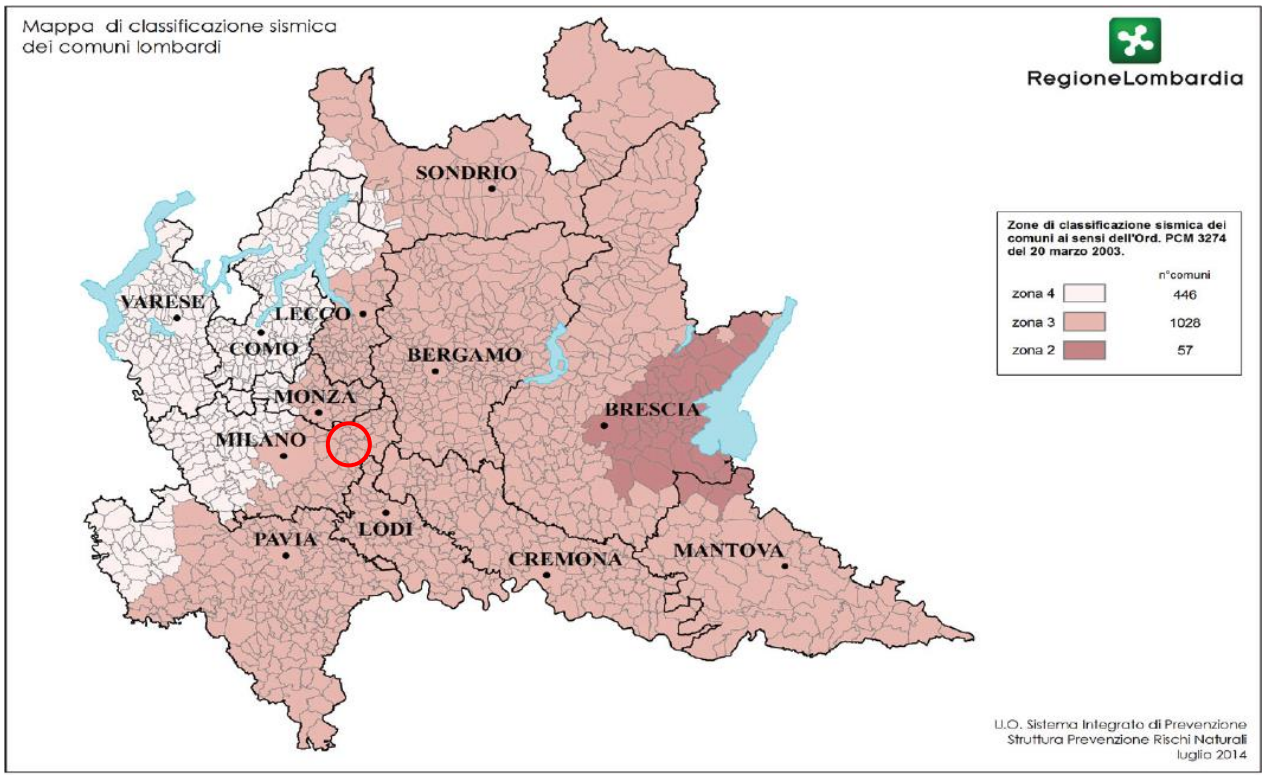
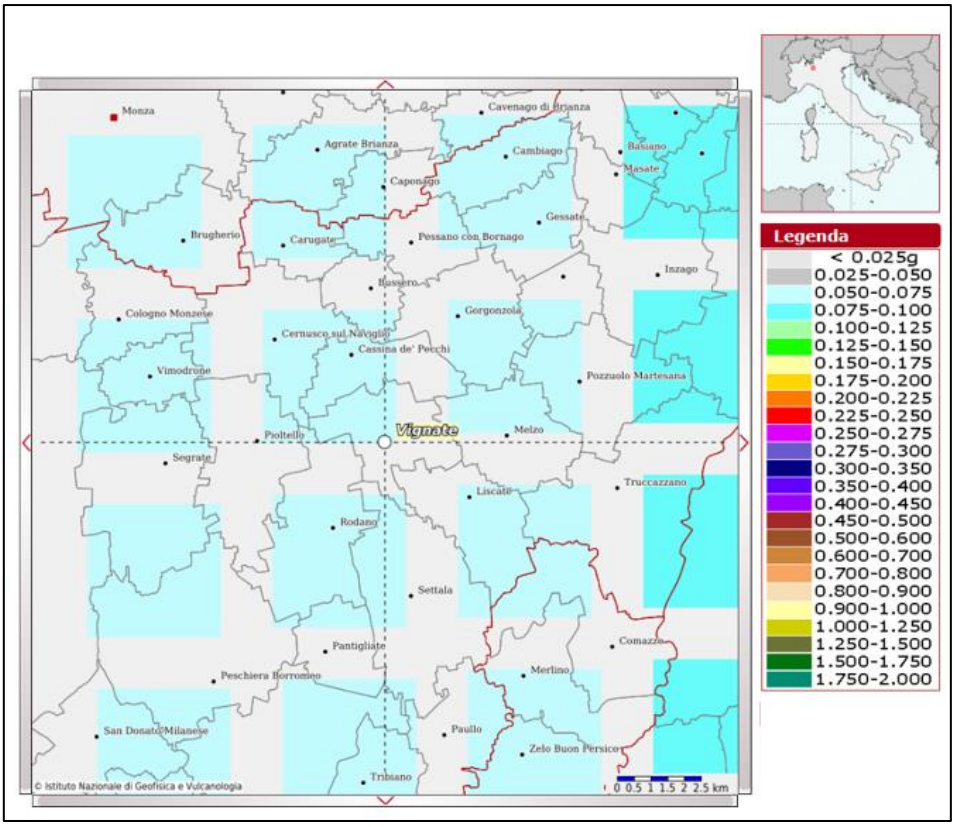


Figura 12: Classificazione sismica dei comuni della Lombardia a seguito della D.G.R. n. X/2129.

In base all'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, sono state definite sulla base di più approfonditi studi, le zone di pericolosità sismica per il territorio nazionale ed è stata definita la mappa di pericolosità sismica MPSO4, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Vs30>800 m/s e TR= 475anni).

Le figure seguenti mostrano la disaggregazione per l'area oggetto di studio della stima di PGA (Peak Ground Acceleration) con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni, corrispondente ad un periodo di ritorno di 475 anni. Il grafico è una elaborazione che mostra il contributo delle sorgenti sismogenetiche alla pericolosità sismica di un certo sito: le sorgenti vengono discretizzate per intervalli di spazio e magnitudo.



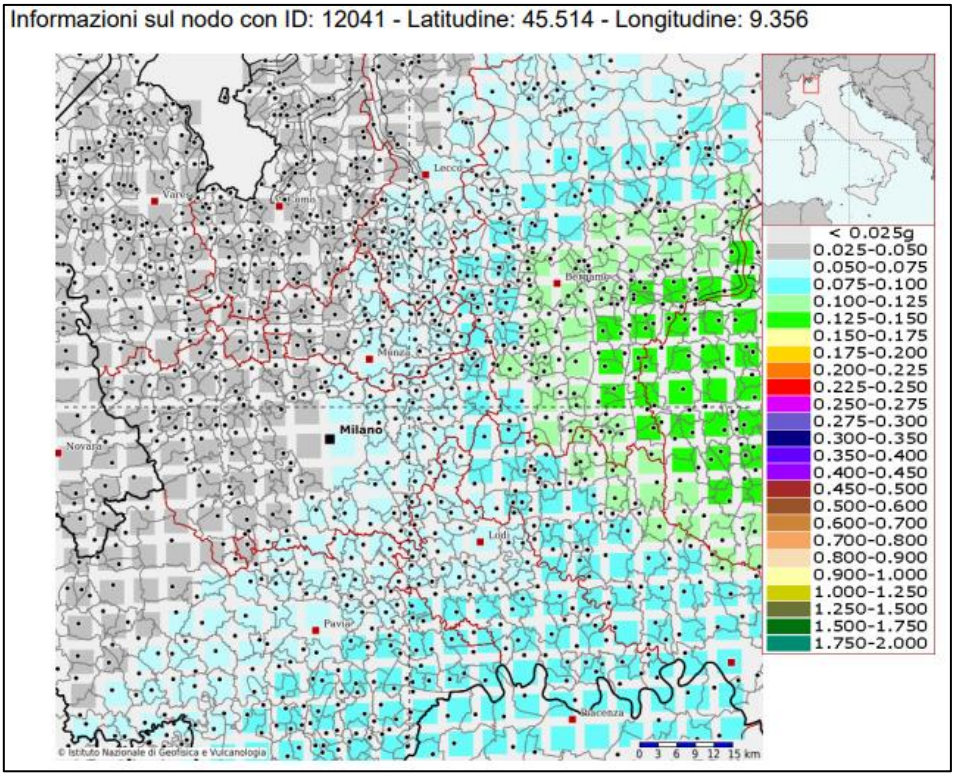


Figura 13: INGV - Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale – Comune di Vignate (MI).

La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, Vs30 > 800 m/s) e pianeggiante.

Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID **12041** (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

Grafico di disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.

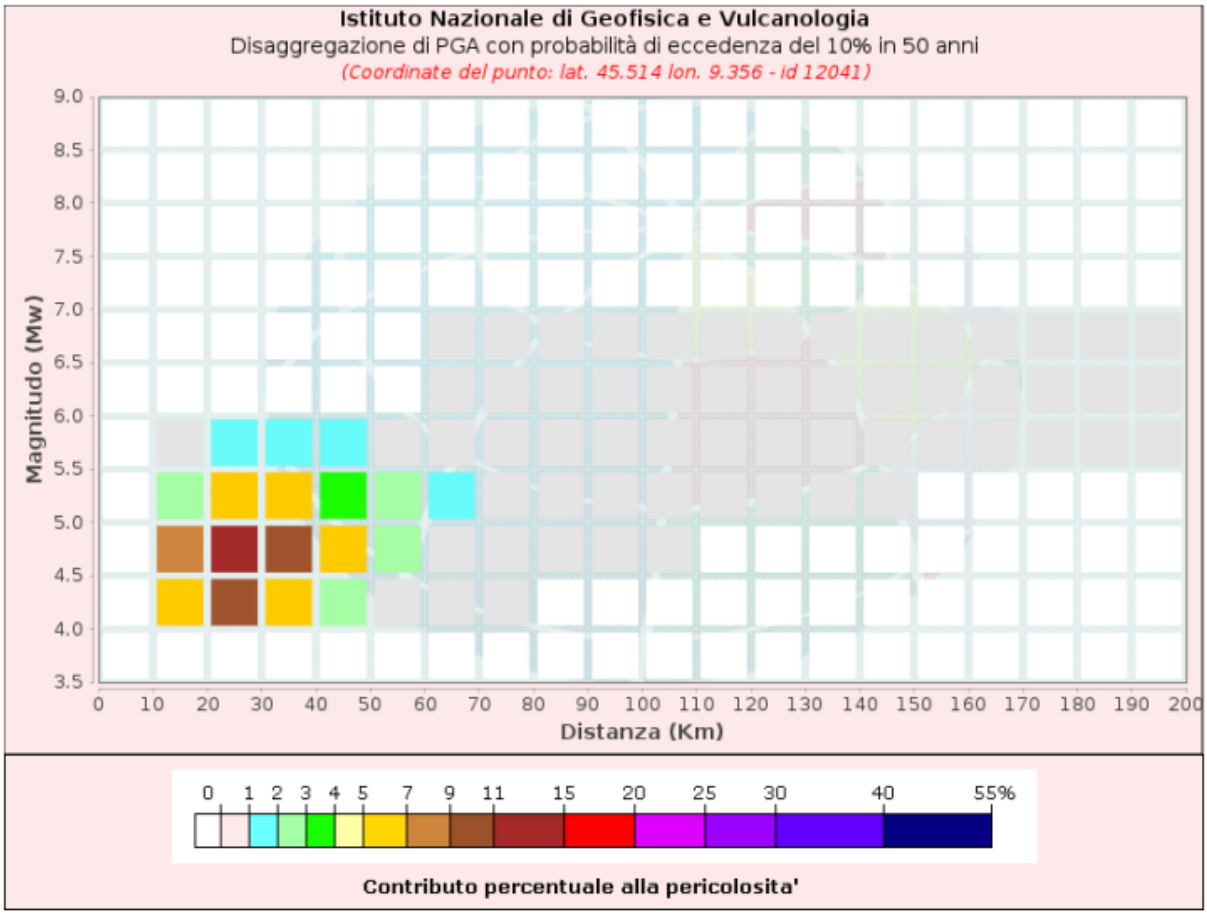

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 45.514 lon. 9.356 - id 12041)
Magnitudo (Mw)
9.0
8.5
8.0
7.5
7.0
6.5
6.0
5.5
5.0
4.5
4.0
3.5
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200
Distanza (Km)
0 1 2 3 4 5 7 9 11 15 20 25 30 40 55%
Contributo percentuale alla pericolosita'

Figura 14: Disaggregazione del valore a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV).

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

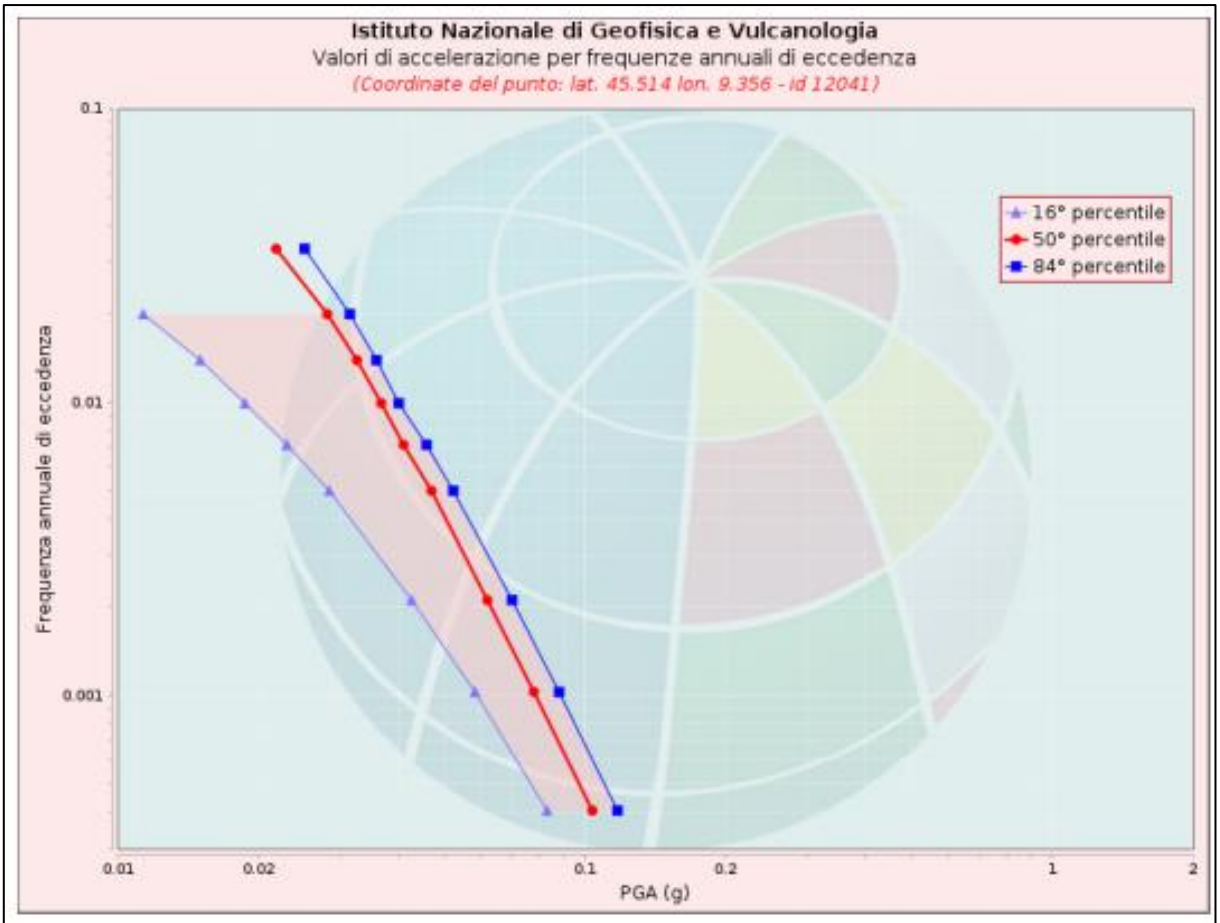
Distanza	Magnitudo									
in Km	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
10-20	0.0000	5.7400	7.5500	2.4800	0.5710	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
20-30	0.0000	9.2200	14.2000	5.8200	1.5800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
30-40	0.0000	5.6600	10.5000	5.5400	1.6500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
40-50	0.0000	2.5400	5.6900	3.7300	1.2300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
50-60	0.0000	0.8000	2.4300	2.0000	0.7260	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
60-70	0.0000	0.1610	0.9920	1.1500	0.5260	0.0996	0.0146	0.0000	0.0000	0.0000	
70-80	0.0000	0.0033	0.3500	0.7250	0.5070	0.2660	0.0409	0.0000	0.0000	0.0000	
80-90	0.0000	0.0000	0.1020	0.5450	0.5500	0.2900	0.0472	0.0000	0.0000	0.0000	
90-100	0.0000	0.0000	0.0165	0.3430	0.5080	0.2770	0.0476	0.0000	0.0000	0.0000	
100-110	0.0000	0.0000	0.0003	0.1600	0.4070	0.2920	0.0544	0.0000	0.0000	0.0000	
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0561	0.2770	0.2520	0.0506	0.0000	0.0000	0.0000	
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0161	0.2120	0.1990	0.0385	0.0000	0.0000	0.0000	
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0042	0.1520	0.1530	0.0282	0.0000	0.0000	0.0000	
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0746	0.1040	0.0206	0.0000	0.0000	0.0000	
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0312	0.0637	0.0138	0.0000	0.0000	0.0000	
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0131	0.0387	0.0094	0.0000	0.0000	0.0000	
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0060	0.0305	0.0068	0.0000	0.0000	0.0000	
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0027	0.0292	0.0050	0.0000	0.0000	0.0000	
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0264	0.0040	0.0000	0.0000	0.0000	

Valori Medi: magnitudo = 4.88 ; distanza = 36.9 ; epsilon = 1.28

Figura 15: Disaggregazione del valore a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV).

Curve di pericolosità

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.



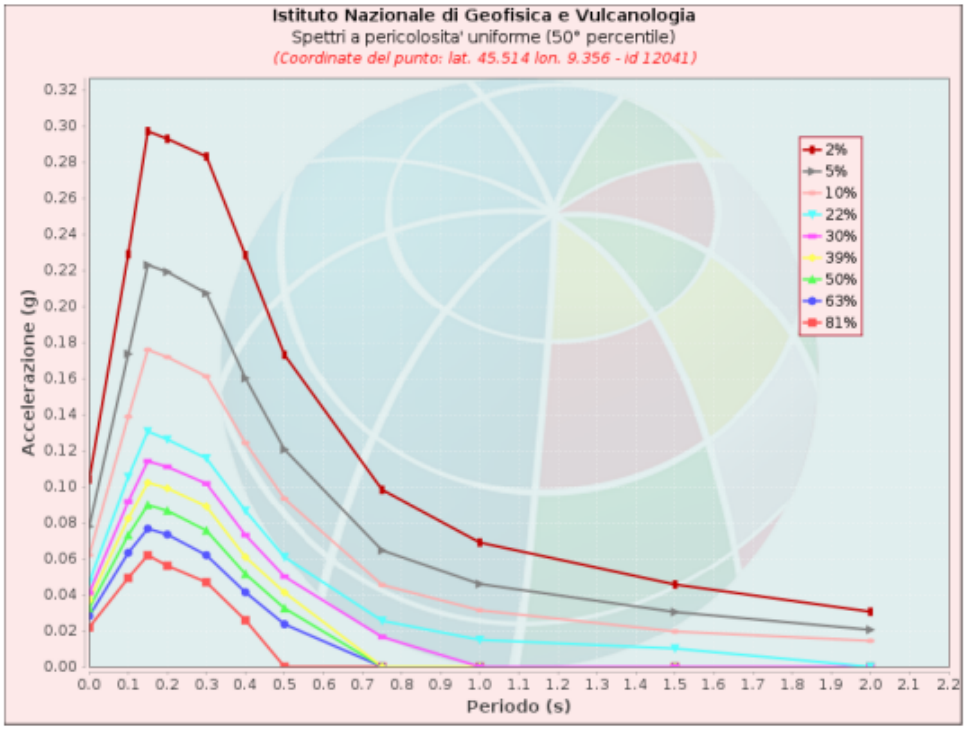
Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza

Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.083	0.104	0.118
0.0010	0.058	0.078	0.088
0.0021	0.043	0.062	0.070
0.0050	0.028	0.047	0.052
0.0071	0.023	0.041	0.046
0.0099	0.019	0.037	0.040
0.0139	0.015	0.033	0.036
0.0199	0.011	0.028	0.031
0.0332	0.000	0.022	0.025

Figura 16: Curve di pericolosità.

Spettri a pericolosità uniforme

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità. I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.



Spettri a pericolosita' uniforme (50° percentile)											
PoE	Accelerazione (g)										
in 50	Periodo (s)										
anni	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.104	0.229	0.297	0.293	0.283	0.228	0.173	0.098	0.069	0.046	0.031
5%	0.078	0.174	0.223	0.219	0.207	0.160	0.121	0.065	0.046	0.030	0.020
10%	0.062	0.139	0.176	0.172	0.161	0.124	0.093	0.045	0.031	0.020	0.014
22%	0.047	0.105	0.131	0.126	0.116	0.087	0.061	0.025	0.015	0.010	0.000
30%	0.041	0.092	0.114	0.111	0.102	0.073	0.050	0.017	0.000	0.000	0.000
39%	0.037	0.082	0.102	0.099	0.089	0.061	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	0.033	0.073	0.090	0.087	0.076	0.051	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000
63%	0.028	0.063	0.077	0.073	0.062	0.041	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000
81%	0.022	0.049	0.062	0.056	0.047	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 17: Spettri a pericolosità uniforme.

Si riporta di seguito la carta delle zone sismogenetiche ZS9 dell'Italia.

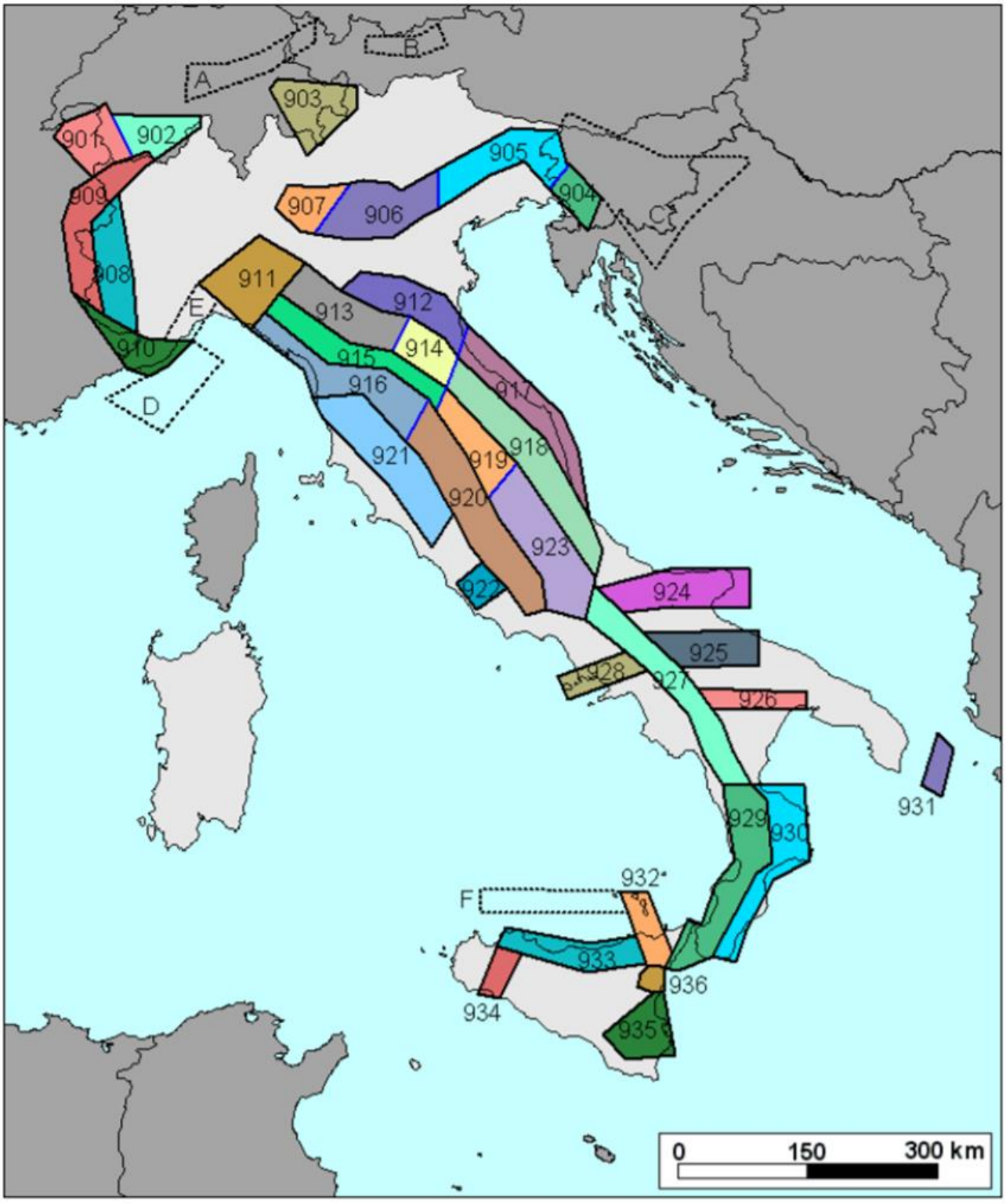


Figura 18: Zonazione sismogenetica ZS9.

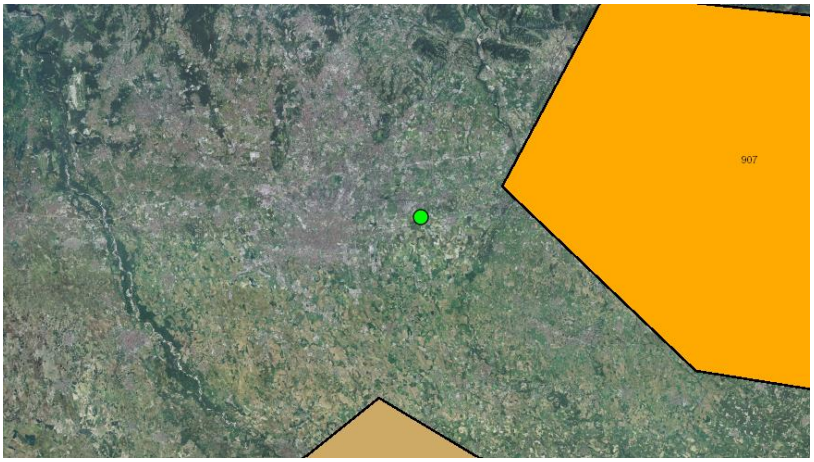


Figura 19: zonazione sismogenetica ZS9, con ubicazione area in esame.

Come è possibile vedere alla figura precedente, l'area oggetto d'interesse non ricade all'interno di nessuna delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti et al. 2008), utilizzata per la compilazione della mappa di pericolosità sismica MPS04.

Per il calcolo sismico si può prendere in considerazione la magnitudo calcolata dalla disaggregazione e quindi pari a 4.88.

CPTI15 V4.0

La nuova versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 rappresenta una significativa evoluzione rispetto alle versioni precedenti, che sono quindi da considerare del tutto superate. Anche se i criteri generali di compilazione e la struttura sono gli stessi della precedente versione CPTI11 (Rovida et al., 2011), il contenuto del catalogo è stato ampiamente rivisto per quanto concerne:

- la copertura temporale, estesa a tutto il 2020;
- il database macrosismico di riferimento (DBMI15 versione 4.0; Locati et al., 2022), significativamente aggiornato;
- i dati strumentali considerati, nuovi e/o aggiornati;
- le soglie di ingresso dei terremoti, abbassate a intensità massima 5 o magnitudo 4.0 (invece di 5-6 e 4.5 rispettivamente);
- la determinazione dei parametri macrosismici, basata su una nuova calibrazione dell'algoritmo Boxer;
- le magnitudo strumentali, che comprendono un nuovo set di dati e nuove relazioni di conversione.

Il catalogo copre l'intero territorio italiano con porzioni delle aree e dei mari confinanti (Figura 1), e contiene 4894 terremoti nella finestra temporale 1000-2020. Il catalogo, quindi, considera e armonizza il più possibile dati di base di diverso tipo e provenienza.

La magnitudo utilizzata è la magnitudo momento (Mw) e in tutti i casi è riportata la relativa incertezza. Tutti i dati e i metodi utilizzati sono accuratamente esplicitati nel catalogo per garantire la massima trasparenza possibile nelle procedure di compilazione. Al pari di CPTI11, il catalogo non è stato declusterato e contiene quindi tutti i foreshocks e le repliche disponibili e conosciuti all'interno delle soglie di magnitudo e intensità considerate.

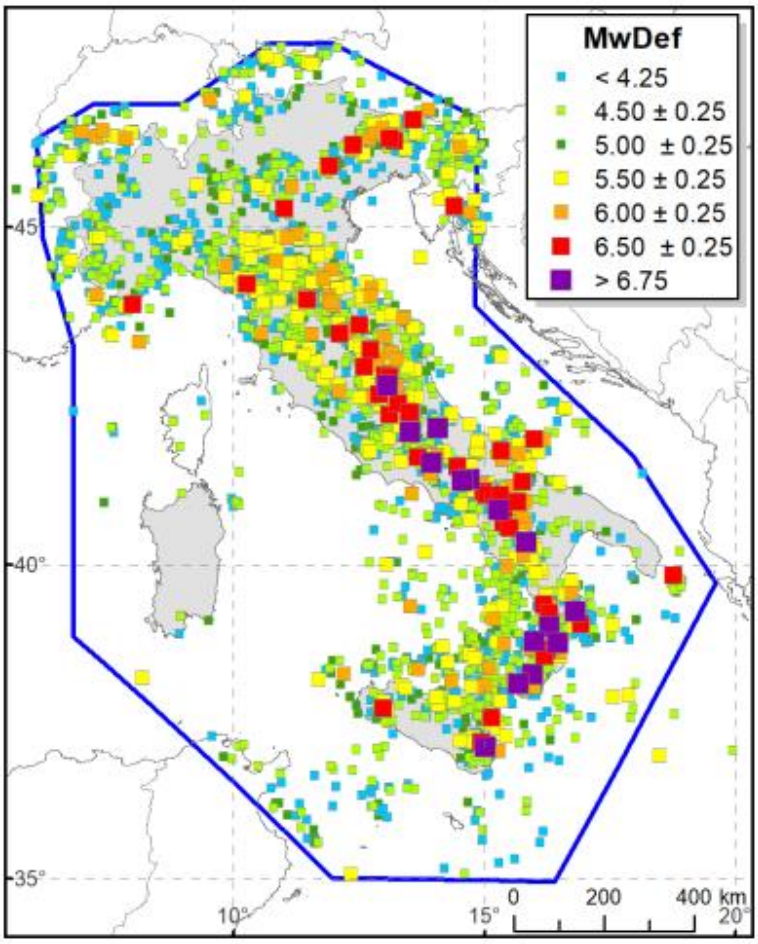


Figura 20: Distribuzione geografica degli epicentri dei terremoti contenuti in CPTI15 per classi di Mw e limite della copertura spaziale (poligono blu).

Il catalogo include i terremoti con intensità massima o epicentrale maggiore o uguale a 5, insieme a quelli con magnitudo strumentale equivalente (secondo i metodi e le conversioni descritte nel seguito) a Mw 4.0 o superiore. Alcuni terremoti con Mw < 4.0 sono inclusi nel catalogo per le seguenti ragioni:

- per i terremoti dell'area vulcanica dell'Etna, la soglia di magnitudo è Mw 3.0 ma restano inclusi tutti i terremoti con intensità massima e/o epicentrale 5;
- per i terremoti nell'area vulcanica dei Campi Flegrei la soglia di magnitudo è Mw 3.1, corrispondente a intensità epicentrale 5 secondo le conversioni utilizzate;
- i terremoti contenuti in CPTI11 sono stati tutti, tranne alcuni dell'area etnea e gli eventi dimostrati falsi, mantenuti nella nuova versione del catalogo, anche se i nuovi dati o le nuove calibrazioni (o entrambi) hanno portato a stime di Mw < 4.0.

L'attuale versione del catalogo CPTI15 v4.0 consiste i) nell'estensione della copertura temporale della precedente versione 3.0 dalla fine 2019 al 31 dicembre 2020 e ii) nell'aggiornamento dei parametri di alcuni terremoti nel periodo settembre 2018 – dicembre 2019 conseguente alla pubblicazione e inserimento del Bollettino Rivisto dell'ISC (International Seismological Centre) per quel periodo.

Dato il loro stretto legame, DBMI e CPTI sono stati pubblicati insieme e usano una stessa numerazione (DBMI04-CPTI04, DBMI11-CPTI11), ma in due diversi siti web. CPTI15 è consultabile liberamente all'indirizzo http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15 e attraverso il "web service" dell'Archivio Storico Macrosismico Italiano (ASMI) all'indirizzo https://emidius.mi.ingv.it/ASMI/services/.

CPTI15 è un prodotto scientifico dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) la cui realizzazione ha richiesto anni di lavoro e raccoglie il frutto della ricerca di diversi autori di diversi enti. CPTI15 può essere utilizzato per scopi scientifici, a condizione che la fonte sia sempre citata.

DBMI15 V. 4.0

La versione 4.0 del Database Macrosismico Italiano DBMI15 è stata rilasciata a gennaio 2022 e aggiorna e sostituisce la precedente versione 3.0 (Locati et al., 2021) che venne pubblicata a gennaio 2021. Le variazioni tra la versione 3.0 e la 4.0 sono dettagliate al paragrafo 5 e consistono nell'allungamento della copertura temporale dalla fine del 2019 alla fine del 2020. DBMI v4.0 fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani aggiornato alla finestra temporale 1000-2020. I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

I dati di intensità macrosismica (MDP, Macroseismic Data Point) sono raccolti e organizzati da DBMI per diverse finalità. La principale è fornire una base di dati per la determinazione dei parametri epicentrali dei terremoti (localizzazione e stima della magnitudo) per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI). L'insieme di questi dati consente inoltre di elaborare le "storie sismiche" di migliaia di località italiane (15343 in DBMI15 v4.0), vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità macrosismica, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti.

Dato il loro stretto legame, DBMI e CPTI sono stati pubblicati insieme e usano una stessa numerazione (DBMI04-CPTI04, DBMI11-CPTI11), ma in due diversi siti web. A partire da DBMI15 e CPTI15 (Rovida et al. 2016) si è deciso di rendere disponibile le due banche dati da un unico sito web generato con una versione aggiornata del software MIDOP (Locati e Cassera 2010) al fine di rendere più semplice e funzionale la consultazione.

DBMI15 contiene 123981 dati di intensità relativi a 3229 terremoti. Come si può vedere dalle figure seguenti, l'incremento numerico dei terremoti con dati di intensità e di osservazioni macrosismiche rispetto alle due precedenti versioni DBMI04 (Stucchi et al. 2007) e DBMI11 (Locati et al., 2011) è elevato.

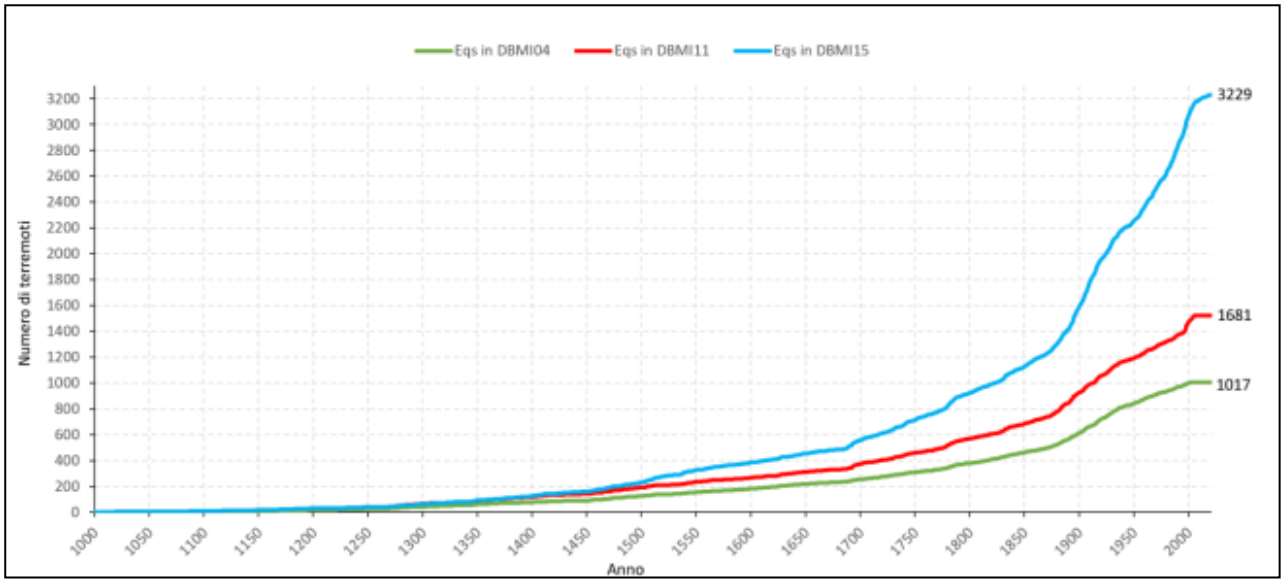


Figura 21: Confronto dell'andamento nel tempo del numero di terremoti: in verde DBMI04, in rosso DBMI11, e in azzurro DBMI15.

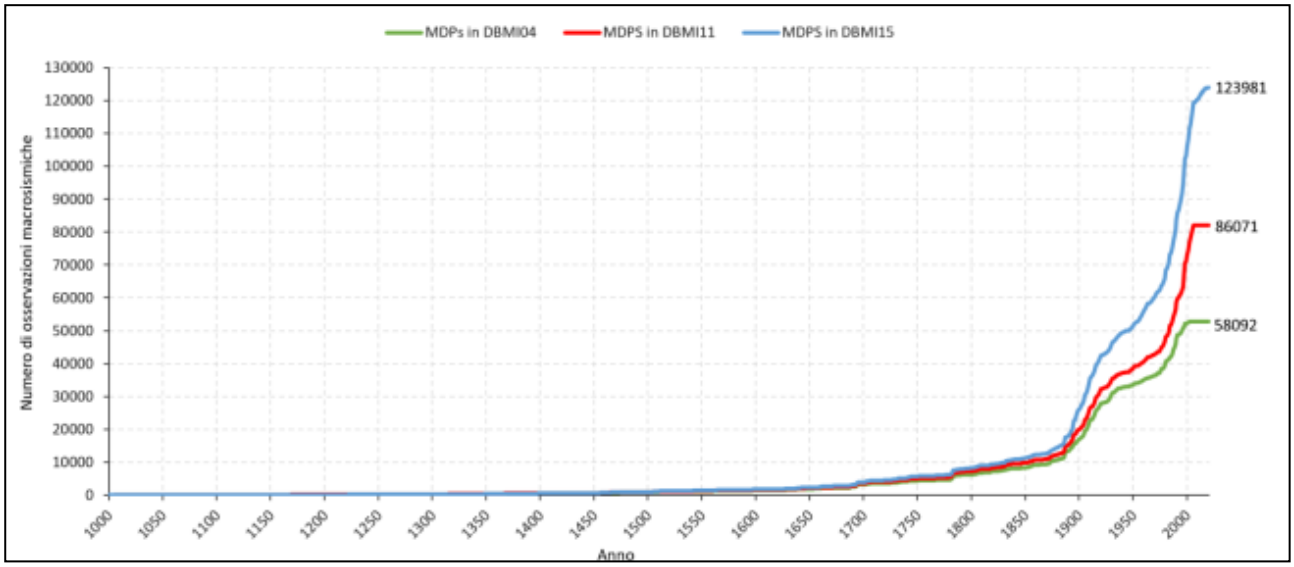


Figura 22: Confronto dell'andamento nel tempo del numero di MDP (Macroseismic Data Point): in verde DBMI04, in rosso DBMI11, e in azzurro DBMI15.

Di seguito viene riporta la mappa del catalogo CPTI15-DMBI15 desunta dal sito: https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_eq/. Si riportano in particolare i dati sismici del Comune di Vignate.

Vignate

PlaceID	IT_14096
Coordinate (lat, lon)	45.495, 9.375
Comune (ISTAT 2015)	Vignate
Provincia	Milano
Regione	Lombardia
Numero di eventi riportati	4

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Cassina de' Pecchi	2	3
Liscate	3	3
Pioltello	4	4
Melzo	5	4
Gorgonzola	11	5
Settala	2	5
Cernusco sul Naviglio	8	5
Bussero	4	5
Bornago	1	6
Segrate	1	6
Pessano con Bornago (Pessano)	2	6
Pantigliate	3	6
Pozzuolo Martesana	3	6
Carugate	2	7
Vimodrone	2	7
Bellinzago Lombardo	2	7
Gessate	3	8
Merlino	2	8
Trecella	1	8
Brugherio	2	8
Peschiera Borromeo (Bettola)	4	9
Paullo	7	9
Tribiano	1	9
Comazzo	2	9
Canobbio	1	9
Cambiago	6	10
Linate	1	10
Inzago	3	10

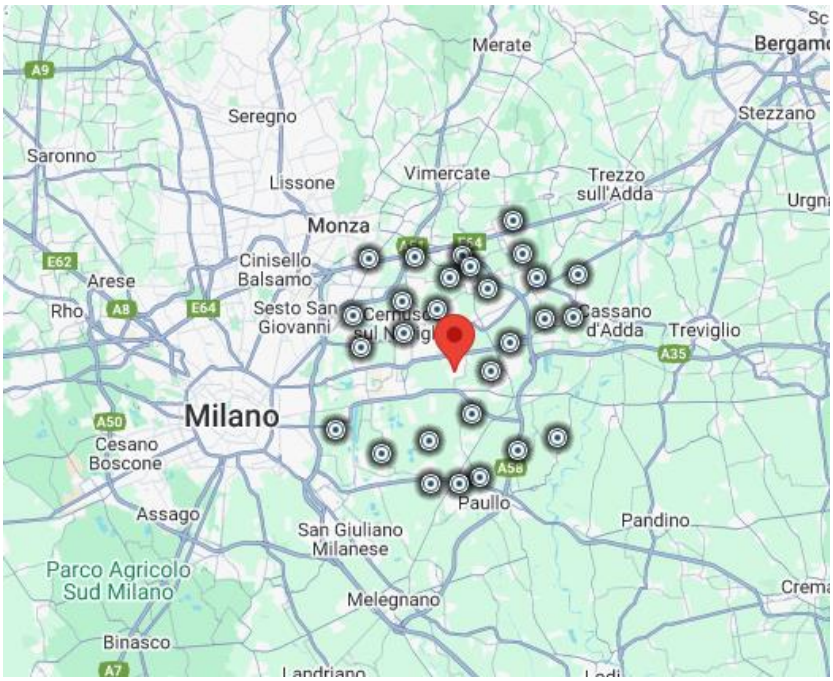


Figura 23: Dati desunti dalla consultazione del CPTI15 e DBMI15 per il comune di Vignate (MI).

9.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA

Per quanto riguarda la determinazione della categoria di sottosuolo il D.M. 17.01.2018 prevede una classificazione in cinque categorie principali riportate nella tabella 3.2.II definite in base ai valori della velocità equivalente $Vs_{,eq}$ corrispondente alla velocità media di propagazione delle onde sismiche di taglio fino alla profondità del substrato sismico, definito come quella formazione caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità di tale substrato superiore a 30m la velocità equivalente $Vs_{,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, considerando le proprietà degli strati di terreno fino alla profondità di 30m.

L'espressione per la determinazione della velocità equivalente $Vs_{,eq}$ è la seguente:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_i^N \frac{h_i}{V_i}}$$

hi = Spessore in metri dello strato i-esimo

Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima

N = Numero di strati

H = Profondità del substrato sismico con Vs>800m/s

Per il sito in esame la categoria di sottosuolo è stata determinata tramite i dati ottenuti dallo stendimento sismico con metodologia M.A.S.W. eseguita in corrispondenza dell'area di indagine.

Dall'elaborazione di tali dati il terreno presenta per la linea eseguita, valori delle V_{s30} pari a **320.06 m/s** riferita all'attuale piano campagna.

Per la classificazione del suolo si è ritenuto più attendibile adottare le risultanze provenienti dalle prove eseguite in sito per cui il terreno è pertanto classificabile in **categoria C** *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 24: Tabella 3.2.II "Categoria di sottosuolo" – D.M. 17.10.2018.

Secondo la più recente revisione delle Norme Tecniche in vigore, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (categorie topografiche da NTC2018):

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15°$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15°$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15° \leq i \leq 30°$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30°$

Figura 25: Tabella 3.2.III "Categoria topografica" – D.M. 17.10.2018

La categoria topografica del sito di intervento risulta T1.

9.3 FREQUENZA CARATTERISTICA DI RISONANZA DEL SITO

Per la verifica della presenza di eventuali orizzonti rifrattori più profondi rispetto alla massima profondità indagata con la sismica attiva oltre che per la determinazione dei valori di frequenza caratteristica del sito e del suolo è stata eseguita una acquisizione puntuale (TR1) in passivo del microtremore sismico ambientale mediante geofono triassiale 3D e per una durata di venti minuti.

Si riportano di seguito i relativi diagrammi H/V elaborati dalla misurazione effettuata sull'area di interesse.

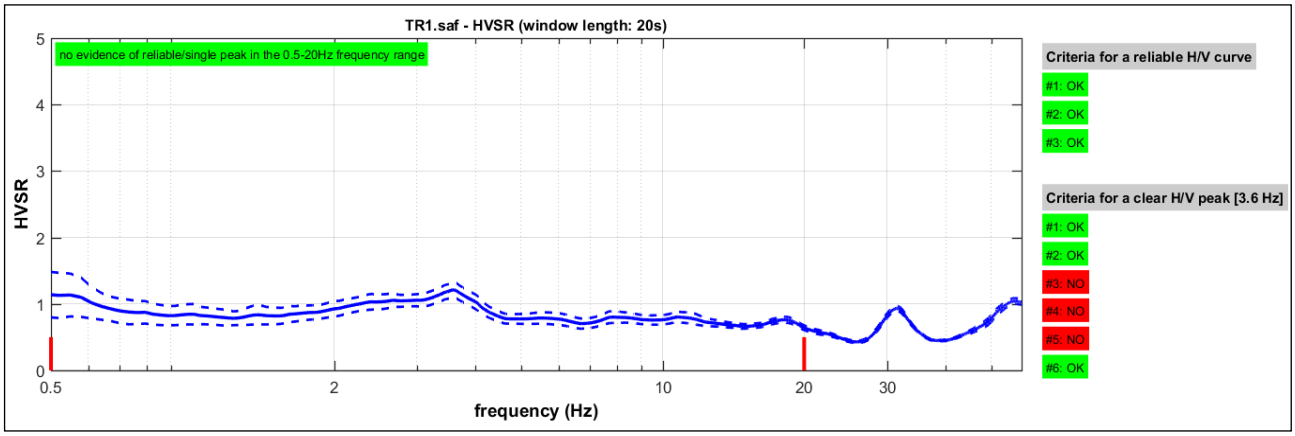


Figura 26: Rapporti spettrali H/V vs Hz rilevazione sismica passiva TR1.

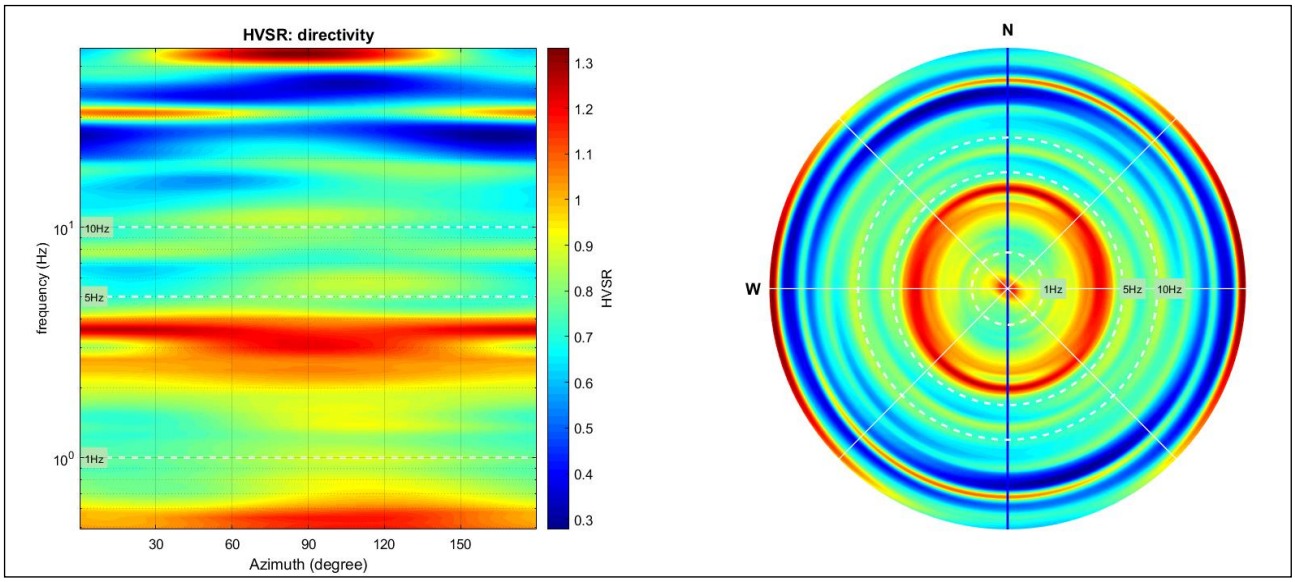


Figura 27: Direzionalità H/V rilevazione sismica passiva TR1.

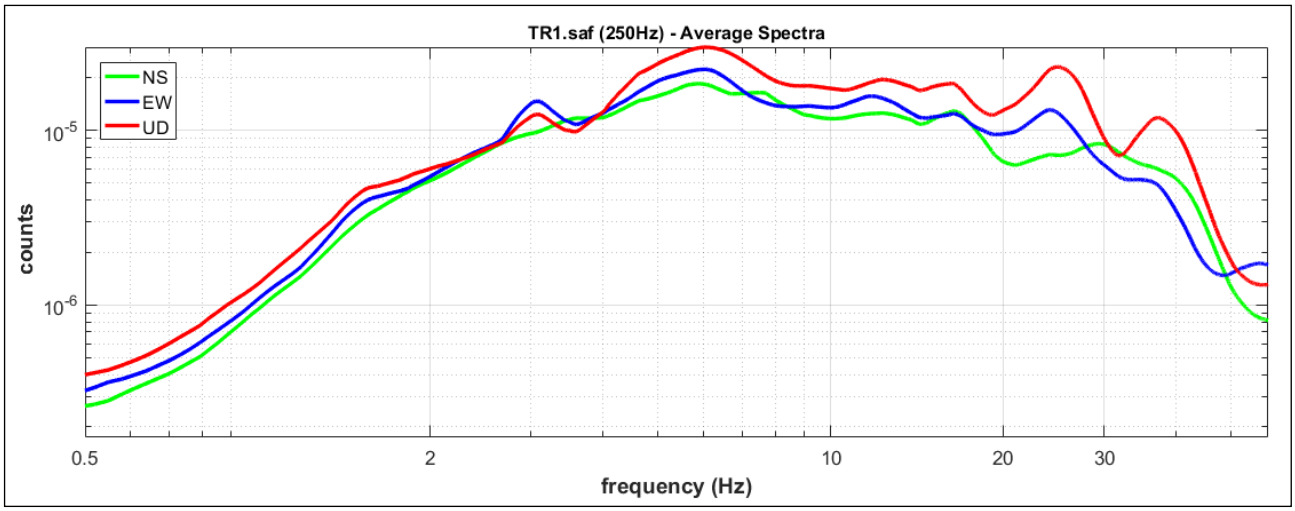


Figura 28: Spettri delle singole componenti rilevazione sismica passiva TR1.

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dalla sua altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula:

$$freq.\ naturale\ edificio \cong 10\ Hz\ /\ numeropiani$$

Si tenga conto che, se si verifica la seguente somiglianza tra risonanza del terreno e della struttura, si creano condizioni di pericolo, perché si dà luogo alla massima amplificazione:

$$freq.\ naturale\ edificio \cong freq.\ naturale\ coperture$$

Dall'elaborazione dei risultati e dall'analisi degli stessi non si osservano importanti contrasti di impedenza che generano picchi accentuati anche se è possibile riconosce un picco principale alla frequenza di 3.60 Hz.

Si evince che tale valore di frequenza caratteristica e il valore di frequenza fondamentale di risonanza delle nuove strutture dovranno essere sufficientemente diversi così da non comportare il verificarsi di fenomeni di doppia risonanza.

9.4 ANALISI DI II LIVELLO

La valutazione degli effetti di amplificazione dovuti alla litologia è avvenuta mediante la procedura semplificata di 2° livello riportata nella D.G.R. 8/7374 del 28 Maggio 2008 e successivamente ripresa dalla D.G.R. IX/2616 del 30 Novembre 2011 di Regione Lombardia.

La sua applicazione richiede la conoscenza della litologia prevalente dei materiali presenti in sito; e dell'andamento delle $V_{S,eq}$ con la profondità (spessore e velocità $V_{S,eq}$ di ciascuno strato); per la loro determinazione sono stati utilizzati i risultati ottenuti dalla esecuzione delle prove penetrometriche realizzate in sito unitamente ai dati relativi ad indagini geognostiche già realizzate ed alle stratigrafie delle indagini eseguite sul territorio comunale oltre che ai risultati emersi dall'esecuzione dell'indagine geofisica M.A.S.W.+H.V.S.R..

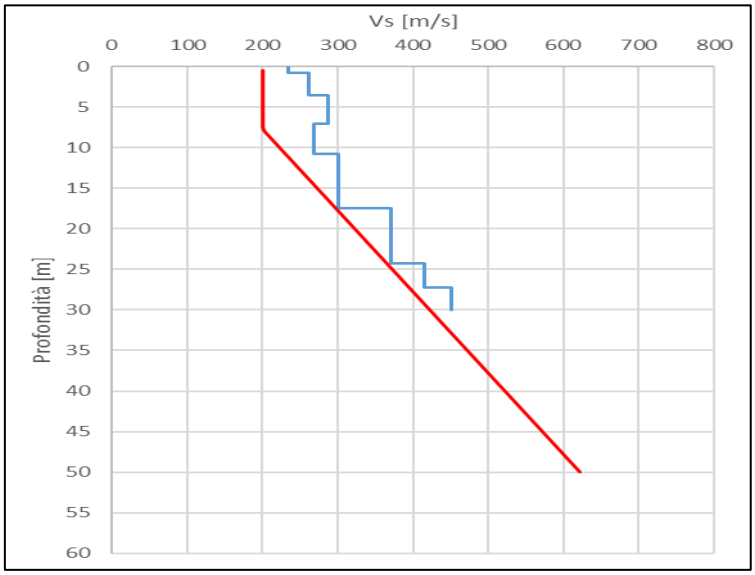
La procedura fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valori di Fattori di Amplificazione (F_a) dal punto di vista degli effetti litologici, al fine di determinare se la normativa nazionale risulta sufficiente o meno nella stima degli effetti di amplificazione sismica locale sulla base del confronto tra gli F_a calcolati e quelli di riferimento indicati dalla Regione Lombardia per ciascun comune; lo studio è condotto con metodi quantitativi semplificati, validi per le amplificazioni litologiche ed è utilizzato per caratterizzare l'area in esame in funzione del fattore F_a. Tale valore di F_a si riferisce quindi agli intervalli di periodo 0.1-0.5s e 0.5-1.5s, in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più rappresentate sul territorio regionale, rispettivamente riferibili a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide (max. 4 piani) ed a strutture alte e flessibili (5 o più piani).

Sulla base dei parametri geotecnici e litologici si individua la litologia prevalente del sito e da questa si sceglie la relativa scheda di riferimento tra quelle riportate nella citata normativa regionale, che può essere utilizzata se l'andamento delle $V_{S,eq}$ ricade nel campo di validità dell'apposito diagramma riportato nella scheda. Successivamente ricavando lo spessore del primo "sismo-strato" con $V_{S,eq}$ pari ad almeno 200 m/s (il cui spessore deve essere di almeno 4 metri) si determina quali curve tra quelle riportate nella scheda per i due diversi intervalli di periodo descritti occorre utilizzare per la valutazione del Fattore di Amplificazione, sulla base del periodo T del sito (calcolato a partire dall'andamento delle $V_{S,eq}$ con la profondità fino agli 800 m/s direttamente misurati o ipotizzati con adeguato gradiente).

STIMA DEGLI EFFETTI LITOLOGICI
ai sensi della D.G.R. IX/2616 - 30.11.2011 di Regione Lombardia

Scheda "LITOLOGIA LIMOSO-SABBIOSA TIPO 2"

L1		
Spess. (m)	Prof. (m)	V_s (m/s)
0.8	0.8	235
2.7	3.5	262
3.6	7.1	288
3.7	10.8	269
6.7	17.5	301
6.8	24.3	371
2.9	27.2	416
2.8	30.0	451

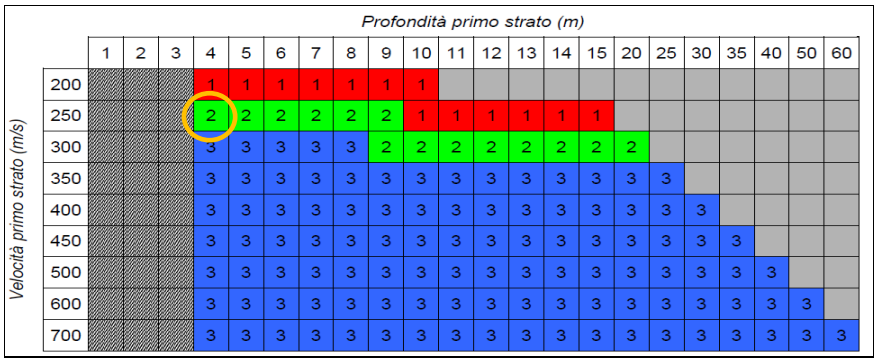


$V_{s,eq}$ (m/s)	Cat. sottosuolo
320.06	C

Periodo T (s)
0.68

Primo strato	
Prof. (m)	4.0
V_s (m/s)	259.90

Curva caratteristica	
n.	2



VERIFICA

Periodo	Valori F_a di sito	Valori F_a di soglia Comune di VIGNATE			
		Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1 < T < 0.5 s	**1.90**	1.40	**1.90**	2.20	2.00
0.5 < T < 1.5 s	**1.55**	1.70	**2.40**	4.20	3.10

La procedura ha permesso di stimare gli F_a con le schede di valutazione sopra riportate e di confrontarli con i corrispettivi valori di soglia, considerando una variabilità di ±0.1, che tiene conto la variabilità dei valori degli F_a ottenuti.

Dalla verifica deriva che, sia nel caso di edifici bassi che caso di edifici alti, il valore di F_a calcolato e riferito alla categoria di suolo C è inferiore al valore di riferimento; pertanto, lo spettro proposto dalla normativa per suoli di tipo C risulta sufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

10 PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

Di seguito si riportano i parametri geotecnici medi dei terreni presenti nell'area di studio.

Strato	Profondità [m]	Litologia	γ [kN/m^3]	c' [kPa]	ϕ' [°]	E' [Kg/cm^2]
1	da 0.0 a 1.60/2.0	Limi sabbiosi debolmente argillosi di colore marrone localmente sovrastati da materiali eterogenei di riporto	18-19	5-10	24-26	30-35
2	da 1.60/2.0 a 4.5/5.50	Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici in poca matrice fine limoso-argillosa	19-20	5-10	32-34	45-50
3	da 4.5/5.50 a 7.50/10.50	Sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice fine limoso-argillosa più o meno abbondante	18-19	5-10	26-30	40-45
4	da 7.50/10.50 a 12.0/16.0	Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici in poca matrice fine limoso-argillosa	19-20	5-10	36-38	50-60
5	> 16.0	Alternanze di ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice fine limoso-argillosa più o meno abbondante e sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice fine limoso-argillosa più o meno abbondante	18-19	5-10	34-36	45-50

dove:

γ = peso di volume

c' = coesione efficace

ϕ' = angolo d'attrito

E' = modulo elastico drenato

Eu = modulo elastico non drenato

Il modulo di Poisson è stato assunto pari a 0,3.

La falda è stata riscontrata a profondità di circa -4.50 metri dall'attuale piano campagna.

11 LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione interessa generalmente depositi sabbiosi e/o sabbioso-limosi sciolti, saturi e a granulometria uniforme, i quali a seguito di una sollecitazione sismica passano dallo stato solido a quello fluido, denotando una diminuzione della resistenza al taglio a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali (u), tale da generare deformazioni permanenti significative o persino dell'annullamento delle pressioni efficaci (σ') nel terreno.

La verifica della suscettibilità alla liquefazione deve essere effettuata quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda.

Secondo il D.M. 17.01.2018 tale verifica può invece essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometriche esterne alle zone indicate nella figura 30, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in figura 31, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.

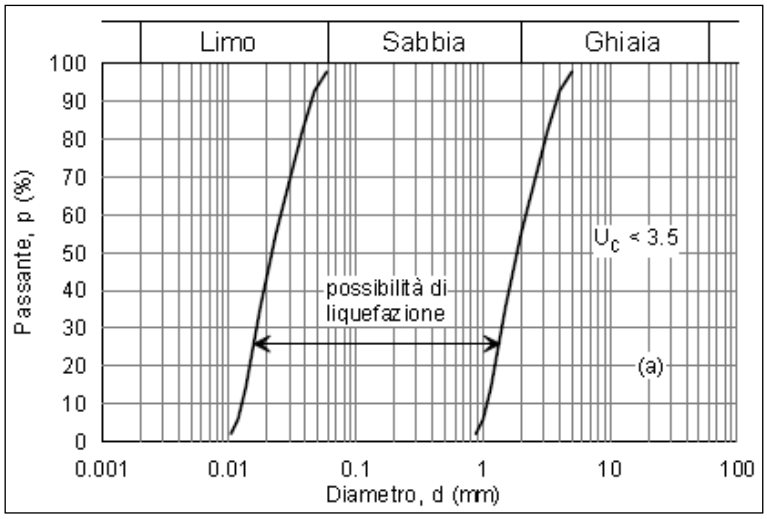


Figura 29: Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione con Uc < 3.5.

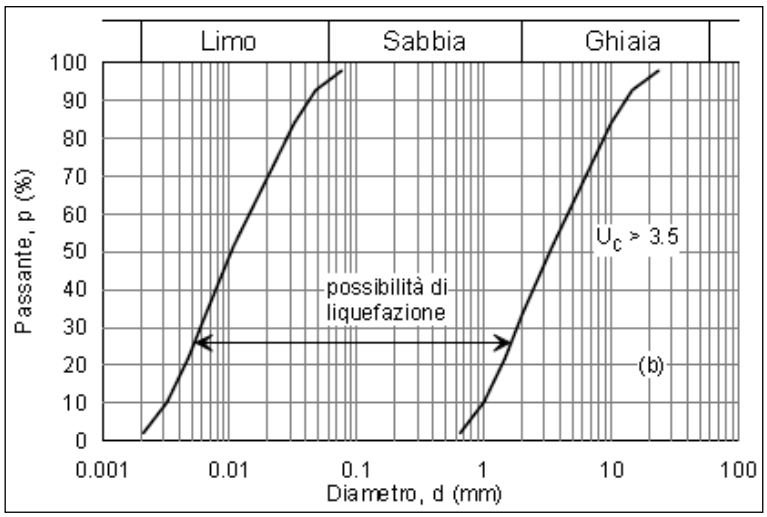


Figura 30: Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione con Uc > 3.5.

Nel caso in esame si esclude il rischio di liquefazione in quanto non sussiste la circostanza di cui al precedente punto 1.: l'accelerazione massima attesa allo stato limite SLC risulta A_{max} (g) pari a 0.0704g < 0.1g, determinata a seguito di specifica analisi di Risposta Sismica Locale, riportata in apposito elaborato.

12 CONCLUSIONI

Sulla base di quanto esposto nel presente elaborato si conclude quanto segue:

- Il settore in esame è caratterizzato da alluvioni della superficie principale della pianura (Dilivium recente, età Quaternario); talora ricoperte localmente da limi successivi, difficilmente distinguibili. ghiaie, sabbie e limo argilloso alterati nella parte superficiale.
- Secondo il Piano di Gestione Rischio Alluvione del Fiume Po (PGRA), l'area d'interesse non è soggetta a pericolosità alluvione.
- Secondo la "Carta di Fattibilità Geologica" l'area d'interesse è compresa nella "Classe 3" di fattibilità geologica, ovvero "fattibilità con consistenti limitazioni".
- Dalla "Carta dei Vincoli e di Sintesi" si desume che il sito è collocato in aree non soggette a vincoli di natura geologica ed idrogeologica.
- La soggiacenza media della falda idrica nell'area, rilevata durante le indagini è generalmente di 4.50 m da p.c.; l'oscillazione del livello della falda è localmente pari a circa ±1.0 m; al fine di valutare tali oscillazioni si consiglia di monitorare stagionalmente i livelli di falda in corrispondenza del piezometro installato;
- Durante la campagna d'indagine eseguita sono stati effettuati n.3 sondaggi a carotaggio continuo dei quali n.1 attrezzato a piezometro a tubo aperto, n.5 prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H., n.1 stendimento sismico M.A.S.W., n.1 rilevazione sismica passiva H.V.S.R. e prove geotecniche di laboratorio su campioni di terreno indisturbati e rimaneggiati prelevati nei sondaggi;
- Il terreno indagato, con la metodologia M.A.S.W., presenta valori delle $V_{s,eq}$ corrispondenti alle V_{s30} riferiti all'attuale piano campagna che permettono di classificarlo in Categoria C.
- L'area oggetto di studio è classificata in zona sismica 3.
- Poiché le accelerazioni massime che fanno riferimento all'opera in progetto sono inferiori a 0.1g, si esclude la possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione (NTC 2018);
- Al fine di stimare le azioni sismiche è stata redatta specifica analisi di Risposta Sismica Locale, riportata in apposito documento;

- L'area è stata investigata da un numero sufficiente di test in sito che hanno permesso di definire i parametri geotecnici del suolo;
- Nulla osta dal punto di vista geologico, idrogeologico e geomorfologico alla realizzazione delle opere in progetto.

ALLEGATO 1 – STRATIGRAFIE SONDAGGI

performa
OPERE SPECIALI NEL SOTTOSUOLO
Corso Montebello n.1/A – 15057 Tortona (AL)
Tel. 0131.1673849 – E-mail info@performapali.it
C.F. e P.I. 02475980062 – Att.ne SOA Cat. OS21
Certificazione UNI EN ISO 9001

COMMITTENTE: *L22*

CANTIERE: MIL05-B – Vignate (MI)

QUOTA INIZIO: 120m s.l.m.

ESECUZIONE: *24-25.03.2025*

SONDAGGIO

S1

ASSISTENTE: *Dott. M.Ferri*	CAMPIONI INDISTURBATI	CAMPIONI RIMANEGGIATI	OSSERVAZIONI
OPERATORE: *Sig. A.Cocco*	☐ Shelby	○ da carotiere ⬠ da campionatore SPT ● ambientale	CAROTIERE: *Semplice diam. 101mm* RIVESTIMENTO METALLICO: *Diam. 127mm*
PERFORATRICE: *Beretta T44*	△ Osterberg		*Materiale riposto in cassetta catalogatrice in PVC (n.7) e fotografato.*

QUOTE (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CAMPIONI Prof. [m]	CAMPIONI Tipo	CAMPIONI Denominazione	Pocket Penetrometer Kg/cmq	Vane Test [Kg/cmq]	SPT Profondità [m]	SPT N	PERMEABILITA' Profondità [m]	PERMEABILITA' K [m/s]	SCHEMA PIEZOMETRO
0.00		*Limi sabbiosi debolmente argillosi di colore marrone.*	1.00 – 1.60	☐	S1 C.I.1			1.60 – 2.05	p.aperta 1.2.3			
1.60		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.6-8cm in poca matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro.*	2.00 – 3.00	○	S1 C.R.1			3.00 – 3.45	p.chiusa 8.13.20			
5.00		*Sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.6-8cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.*	4.00 – 5.00	○	S1 C.R.2			4.50 – 4.95	p.chiusa 12.12.15			
7.60		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.10-12cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.*	6.00 – 7.00	○	S1 C.R.3			6.00 – 6.45	p.chiusa 7.7.9			
			8.00 – 9.00	○	S1 C.R.4			7.50 – 7.95	p.chiusa 15.12.19			
			10.00 – 11.00	○	S1 C.R.5			9.00 – 9.45	p.chiusa 18.23.21			
			14.00 – 15.00	○	S1 C.R.6			10.50 – 10.95	p.chiusa 15.17.25			
								12.00 – 12.45	p.chiusa 22.28.30			
16.40								15.00 – 15.45	p.chiusa 10.21.18			
17.00		*Sabbie da fini a medie con locali ciottoli eterometrici in matrice fine limosa di colore grigiastro-marrone.*	16.00 – 17.00	○	S1 C.R.7							
19.00		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.8-10cm in poca matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro.*						18.00 – 18.45	p.chiusa 13.18.23			
20.00		*Sabbie da medie a grossolane e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.5-7cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.*										

performa
OPERE SPECIALI NEL SOTTOSUOLO
Corso Montebello n.1/A – 15057 Tortona (AL)
Tel. 0131.1673849 – E-mail info@performapali.it
C.F. e P.I. 02475980062 – Att.ne SOA Cat. OS21
Certificazione UNI EN ISO 9001

COMMITTENTE: *L22*

CANTIERE: MIL05-B – Vignate (MI)

QUOTA INIZIO: 120m s.l.m.

ESECUZIONE: *24-25.03.2025*

SONDAGGIO

S1

ASSISTENTE: *Dott. M.Ferri*	CAMPIONI INDISTURBATI	CAMPIONI RIMANEGGIATI	OSSERVAZIONI
OPERATORE: *Sig. A.Cocco*	☐ Shelby	○ da carotiere ⬠ da campionatore SPT ● ambientale	CAROTIERE: *Semplice diam. 101mm* RIVESTIMENTO METALLICO: *Diam. 127mm*
PERFORATRICE: *Beretta T44*	△ Osterberg		*Materiale riposto in cassetta catalogatrice in PVC (n.7) e fotografato.*

QUOTE (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CAMPIONI Prof. [m]	CAMPIONI Tipo	CAMPIONI Rendimento	Pocket Penetrometer Kg/cmq	Vane Test [Kg/cmq]	SPT Profondità [m]	SPT N	PERMEABILITA' Profondità [m]	PERMEABILITA' K [m/s]	SCHEMA PIEZOMETRO
20.00												
		Sabbie da medie a grossolane e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.5-7cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.						*21.00 – 21.45*	p.chiusa 17.15.16			
25.80								*24.00 – 24.45*	p.chiusa 19.20.16			
		Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.8-10cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.						*27.00 – 27.45*	p.chiusa 16.17.25			
28.70												
		Sabbie da medie a grossolane e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.8-10cm in matrice fine limoso-argillosa di colore marrone-grigiastro più o meno abbondante.						*30.00 – 30.45*	p.chiusa 14.16.21			
30.90												
		Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.8-10cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.						*33.00 – 33.45*	p.chiusa 19.23.28			
35.00												

COMMITTENTE: L 22 SPA
ESECUZIONE: 24÷25 03 2025
CANTIERE: VIGNATE MIL05B
SONDAGGIO: S1
QUOTA INIZIO: 0.00 mT
CASSETTA N°: 1 da m 0 a m 5
S1 · C.I. 1 1.00 ÷ 1.60

MIL05B VIGNATE (MI) – S1 CASSETTA da 0.00m a 5.00m

COMMITTENTE: L 22 SPA
ESECUZIONE: 24÷25 03 2025
CANTIERE: VIGNATE MIL05B
SONDAGGIO: S1
QUOTA INIZIO: 0.00 mT
CASSETTA N°: 2 da m 5 a m 10

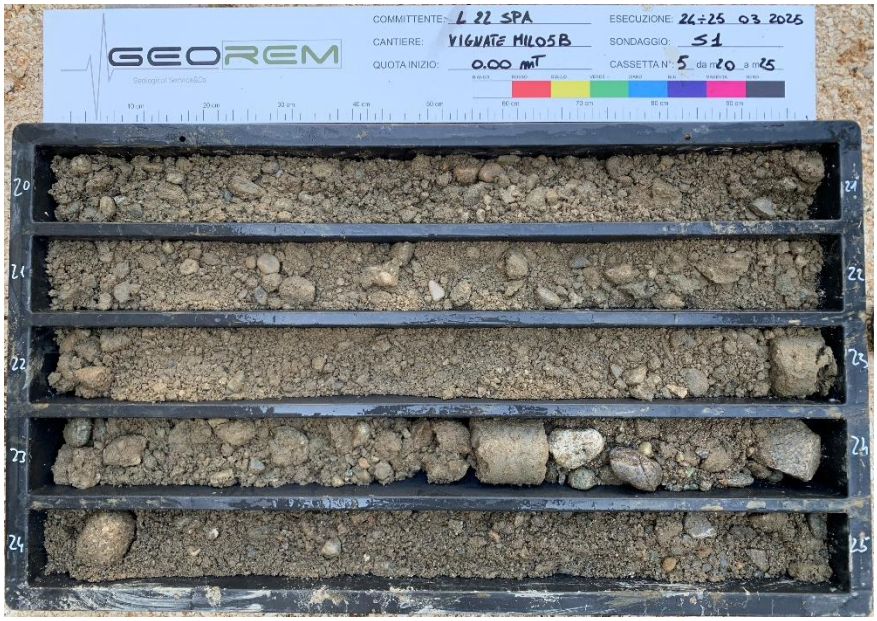
MIL05B VIGNATE (MI) – S1 CASSETTA da 5.00m a 10.00m

COMMITTENTE: L 22 SPA
ESECUZIONE: 24÷25 03 2025
CANTIERE: VIGNATE MIL05B
SONDAGGIO: S1
QUOTA INIZIO: 0.00 mT
CASSETTA N°: 3 da m 10 a m 15

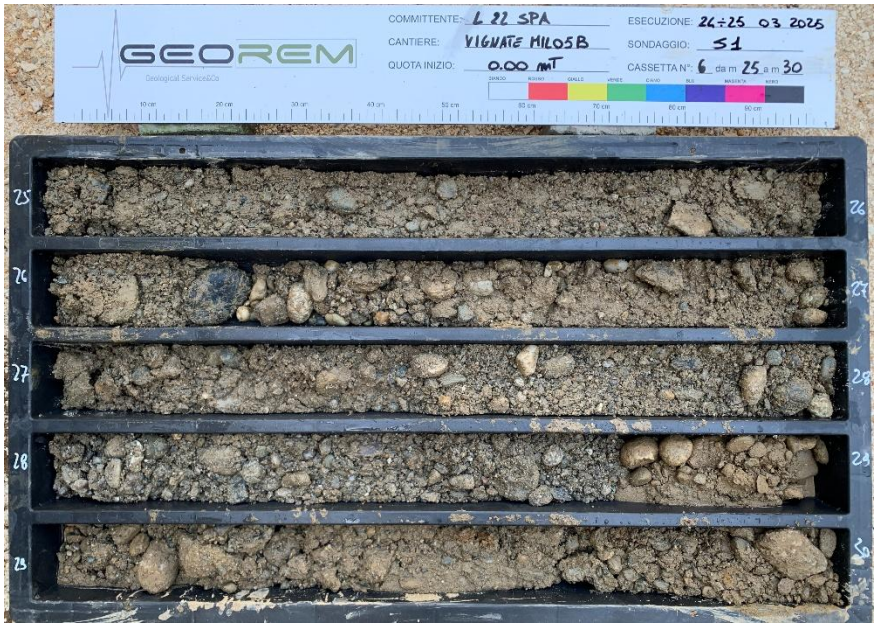
MIL05B VIGNATE (MI) – S1 CASSETTA da 10.00m a 15.00m

COMMITTENTE: L 22 SPA
ESECUZIONE: 24÷25 03 2025
CANTIERE: VIGNATE MIL05B
SONDAGGIO: S1
QUOTA INIZIO: 0.00 mT
CASSETTA N°: 4 da m 15 a m 20

MIL05B VIGNATE (MI) – S1 CASSETTA da 15.00m a 20.00m


COMMITTENTE: L 22 SPA
ESECUZIONE: 24÷25 03 2025
CANTIERE: VIGNATE MIL05B
SONDAGGIO: S1
QUOTA INIZIO: 0.00 mT
CASSETTA N°: 5 da m 20 a m 25

MIL05B VIGNATE (MI) – S1 CASSETTA da 20.00m a 25.00m


COMMITTENTE: L 22 SPA
ESECUZIONE: 24÷25 03 2025
CANTIERE: VIGNATE MIL05B
SONDAGGIO: S1
QUOTA INIZIO: 0.00 mT
CASSETTA N°: 6 da m 25 a m 30

MIL05B VIGNATE (MI) – S1 CASSETTA da 25.00m a 30.00m

MIL05B VIGNATE (MI) – S1 CASSETTA da 30.00m a 35.00m

performa
OPERE SPECIALI NEL SOTTOSUOLO
Corso Montebello n.1/A – 15057 Tortona (AL)
Tel. 0131.1673849 – E-mail info@performapali.it
C.F. e P.I. 02475980062 – Att.ne SOA Cat. OS21
Certificazione UNI EN ISO 9001

COMMITTENTE: *L22*

CANTIERE: MIL05-B – Vignate (MI)

QUOTA INIZIO: 120m s.l.m.

ESECUZIONE: *25-26.03.2025*

SONDAGGIO

S2/PZ1

ASSISTENTE: *Dott. M.Ferri*	CAMPIONI INDISTURBATI	CAMPIONI RIMANEGGIATI	OSSERVAZIONI
OPERATORE: *Sig. A.Cocco*	☐ Shelby	○ da carotiere ⬠ da campionatore SPT ● ambientale	CAROTIERE: *Semplice diam. 101mm* RIVESTIMENTO METALLICO: *Diam. 127mm*
PERFORATRICE: *Beretta T44*	△ Osterberg		*Materiale riposto in cassetta catalogatrice in PVC (n.7) e fotografato.* *Foro attrezzato con piezometro a tubo aperto in PVC diam. 3" microfessurato da -3m a -35m da p.c.*

QUOTE (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CAMPIONI Prof. [m]	CAMPIONI Tipo	CAMPIONI Denominazione	Pocket Penetrometer Kg/cmq	Vane Test [Kg/cmq]	SPT Profondità [m]	SPT N	PERMEABILITA' Profondità [m]	PERMEABILITA' K [m/s]	SCHEMA PIEZOMETRO
0.00		*Materiali eterogenei di natura ghiaioso-sabbiosa con frammenti di laterizi seguiti da limi sabbiosi debolmente argillosi di colore marrone.*						1.50 – 1.95	p.aperta 3.5.5			cieca; tubaz.
1.80												
4.60		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.6-8cm in poca matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro.*	2.00 – 3.00	○	S2 C.R.1			3.00 – 3.45	p.chiusa 13.19.24			
			4.00 – 5.00	○	S2 C.R.2			4.50 – 4.95	p.chiusa 11.13.12			-4.50m 27.03.2025
10.40		*Sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.6-8cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.*	6.00 – 7.00	○	S2 C.R.3			6.00 – 6.45	p.chiusa 12.14.20			
			8.00 – 9.00	○	S2 C.R.4			7.50 – 7.95	p.chiusa 9.20.18			
			10.00 – 11.00	○	S2 C.R.5			9.00 – 9.45	p.chiusa 14.10.17			
16.00		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.10-12cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.*						10.50 – 10.95	p.chiusa 21.29.30			
								12.00 – 12.45	p.chiusa 17.19.24			
			14.00 – 15.00	○	S2 C.R.6			15.00 – 15.45	p.chiusa 20.29.22			
17.70		*Sabbie da fini a medie con più o meno abbondanti ciottoli eterometrici in matrice fine limosa di colore grigiastro-marrone.*	16.00 – 17.00	○	S2 C.R.7							
		Sabbie da medie a grossolane e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.5-7cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.						18.00 – 18.45	p.chiusa 9.14.15			
			19.00 – 20.00	○	S2 C.R.8							filtro (tubazione microfessurata+dreno in ghiaietto)

performa
OPERE SPECIALI NEL SOTTOSUOLO
Corso Montebello n.1/A – 15057 Tortona (AL)
Tel. 0131.1673849 – E-mail info@performapali.it
C.F. e P.I. 02475980062 – Att.ne SOA Cat. OS21
Certificazione UNI EN ISO 9001

COMMITTENTE: *L22*

CANTIERE: MIL05-B – Vignate (MI)

QUOTA INIZIO: 120m s.l.m.

ESECUZIONE: *25-26.03.2025*

SONDAGGIO

S2/PZ1

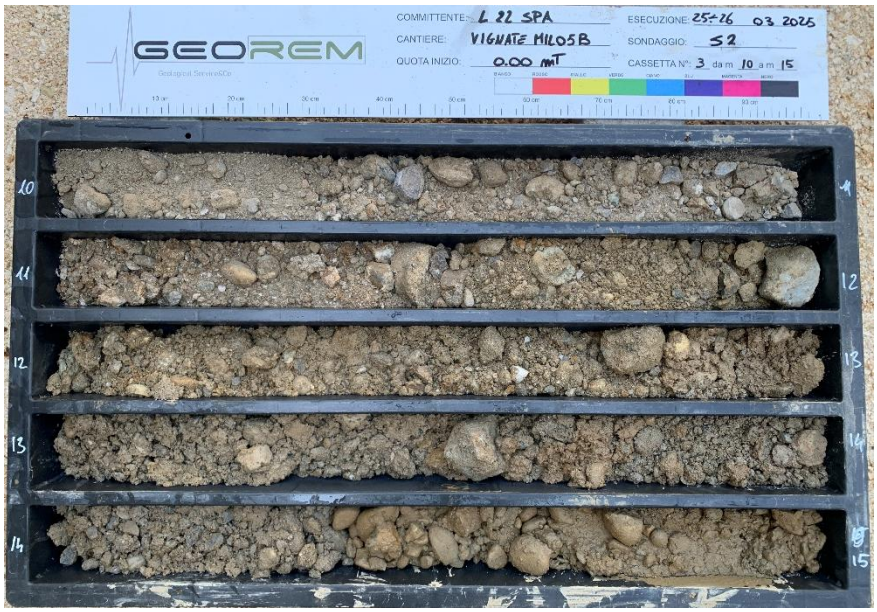
ASSISTENTE: *Dott. M.Ferri*	CAMPIONI INDISTURBATI	CAMPIONI RIMANEGGIATI	OSSERVAZIONI
OPERATORE: *Sig. A.Cocco*	☐ Shelby	○ da carotiere ⬠ da campionatore SPT ● ambientale	CAROTIERE: *Semplice diam. 101mm* RIVESTIMENTO METALLICO: *Diam. 127mm*
PERFORATRICE: *Beretta T44*	△ Osterberg		*Materiale riposto in cassetta catalogatrice in PVC (n.7) e fotografato.* *Foro attrezzato con piezometro a tubo aperto in PVC diam. 3" microfessurato da -3m a -35m da p.c.*

QUOTE (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CAMPIONI Prof. [m]	CAMPIONI Tipo	CAMPIONI Rimaneggiato	Pocket Penetrometer Kg/cmq	Vane Test [Kg/cmq]	SPT Profondità [m]	SPT N	PERMEABILITA' Profondità [m]	PERMEABILITA' K [m/s]	SCHEMA PIEZOMETRO
20.00												
		Sabbie da medie a grossolane e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.5-7cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.						21.00 – 21.45	p.chiusa 17.19.18			
								24.00 – 24.45	p.chiusa 15.16.20			
								27.00 – 27.45	p.chiusa 18.11.20			
27.30												
		Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.8-10cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.						30.00 – 30.45	p.chiusa 14.28.21			
								33.00 – 33.45	p.chiusa 25.28.23			
33.40												
		Sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.3-5cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.										
35.00												

filtro (tubazione microfessurata+dreno in ghiaietto)

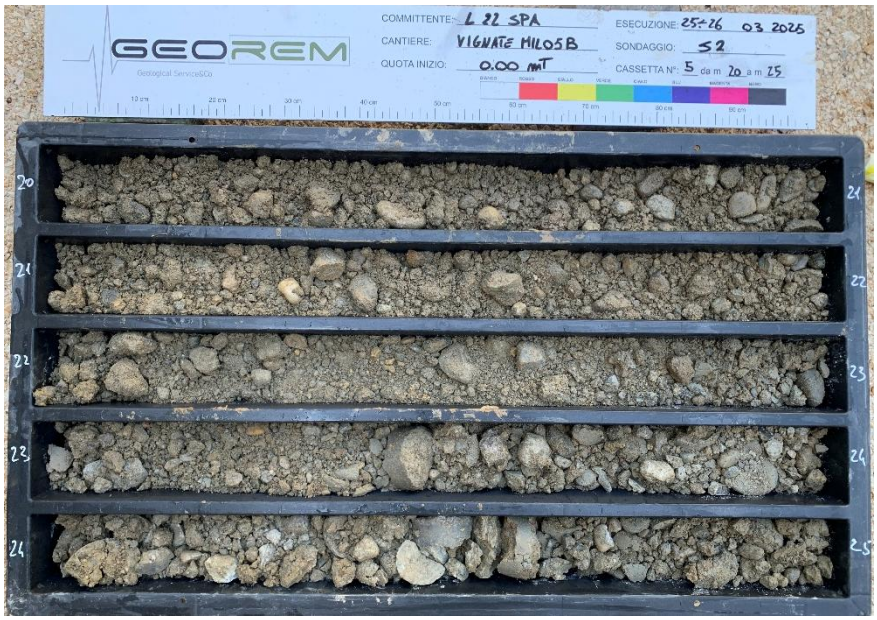
MIL05B VIGNATE (MI) – S2/PZ1 CASSETTA da 0.00m a 5.00m

MIL05B VIGNATE (MI) – S2/PZ1 CASSETTA da 5.00m a 10.00m



MIL05B VIGNATE (MI) – S2/PZ1 CASSETTA da 10.00m a 15.00m

MIL05B VIGNATE (MI) – S2/PZ1 CASSETTA da 15.00m a 20.00m



MIL05B VIGNATE (MI) – S2/PZ1 CASSETTA da 20.00m a 25.00m

MIL05B VIGNATE (MI) – S2/PZ1 CASSETTA da 25.00m a 30.00m

MIL05B VIGNATE (MI) – S2/PZ1 CASSETTA da 30.00m a 35.00m

performa
OPERE SPECIALI NEL SOTTOSUOLO

Corso Montebello n.1/A – 15057 Tortona (AL)
Tel. 0131.1673849 – E-mail info@performapali.it
C.F. e P.I. 02475980062 – Att.ne SOA Cat. OS21
Certificazione UNI EN ISO 9001

COMMITTENTE: *L22*

CANTIERE: MIL05-B – Vignate (MI)

QUOTA INIZIO: 120m s.l.m.

ESECUZIONE: *26-27.03.2025*

SONDAGGIO

S3

ASSISTENTE: *Dott. M.Ferri*	CAMPIONI INDISTURBATI	CAMPIONI RIMANEGGIATI	OSSERVAZIONI
OPERATORE: *Sig. A.Cocco*	☐ Shelby	○ da carotiere ⬠ da campionatore SPT ● ambientale	CAROTIERE: *Semplice diam. 101mm* RIVESTIMENTO METALLICO: *Diam. 127mm*
PERFORATRICE: *Beretta T44*	△ Osterberg		*Materiale riposto in cassetta catalogatrice in PVC (n.7) e fotografato.* *Foro attrezzato con piezometro a tubo aperto in PVC diam. 3" microfessurato da -3m a -20m da p.c.*

QUOTE (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CAMPIONI Prof. [m]	CAMPIONI Tipo	CAMPIONI Denominazione	Pocket Penetrometer Kg/cmq	Vane Test [Kg/cmq]	SPT Profondità [m]	SPT N	PERMEABILITA' Profondità [m]	PERMEABILITA' K [m/s]	SCHEMA PIEZOMETRO
0.00		*Limi sabbiosi debolmente argillosi di colore marrone.*	1.00 – 1.60	☐	S3 C.I.1			1.60 – 2.05	p.aperta 4.4.3			
2.20		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.6-8cm in poca matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro-marrone.*	4.00 – 5.00	○	S3 C.R.1			3.00 – 3.45 4.50 – 4.95	p.chiusa 10.13.14 p.chiusa 20.18.11			
5.60		*Sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.6-8cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.*	6.00 – 7.00	○	S3 C.R.2			6.00 – 6.45 7.50 – 7.95	p.chiusa 9.12.17 p.chiusa 6.21.23			
7.60		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.10-12cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.*	8.00 – 9.00	○	S3 C.R.3			9.00 – 9.45 10.50 – 10.95	p.chiusa 14.20.27 p.chiusa 12.19.20			
11.60		*Sabbie da fini a medie con locali ciottoli eterometrici in matrice fine limosa di colore grigiastro-marrone.*	12.00 – 13.00	○	S3 C.R.4			12.00 – 12.45	p.chiusa 10.10.11			
12.50		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.8-10cm in poca matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro.*	14.00 – 15.00 16.00 – 17.00 18.00 – 19.00	○ ○ ○	S3 C.R.5 S3 C.R.6 S3 C.R.7			15.00 – 15.45 18.00 – 18.45	p.chiusa 24.29.20 p.chiusa 23.28.23			
20.00												

performa
OPERE SPECIALI NEL SOTTOSUOLO
Corso Montebello n.1/A – 15057 Tortona (AL)
Tel. 0131.1673849 – E-mail info@performapali.it
C.F. e P.I. 02475980062 – Att.ne SOA Cat. OS21
Certificazione UNI EN ISO 9001

COMMITTENTE: *L22*

CANTIERE: MIL05-B – Vignate (MI)

QUOTA INIZIO: 120m s.l.m.

ESECUZIONE: *26-27.03.2025*

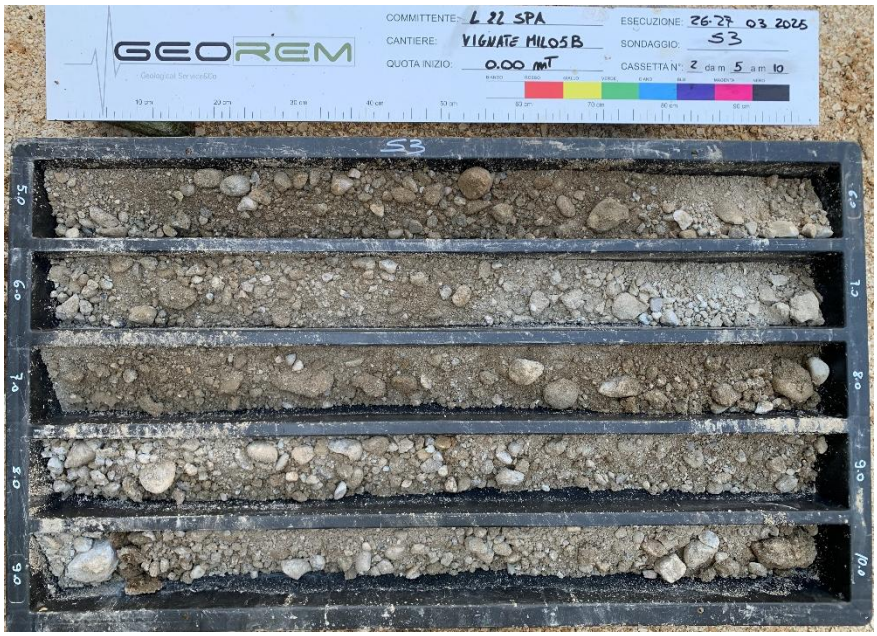
SONDAGGIO

S3

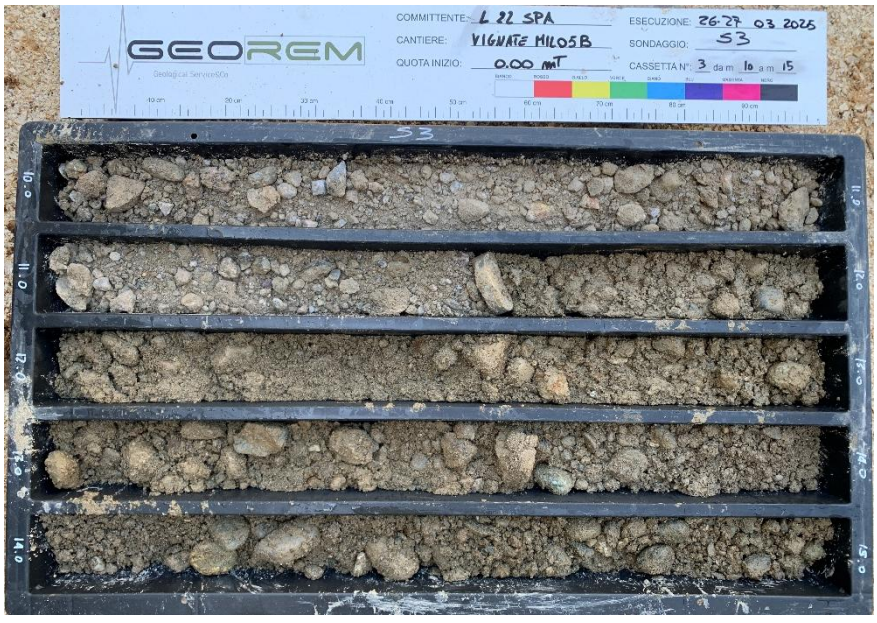
ASSISTENTE: *Dott. M.Ferri*	CAMPIONI INDISTURBATI	CAMPIONI RIMANEGGIATI	OSSERVAZIONI
OPERATORE: *Sig. A.Cocco*	☐ Shelby	○ da carotiere ⬠ da campionatore SPT	CAROTIERE: *Semplice diam. 101mm*
PERFORATRICE: *Beretta T44*	△ Osterberg	● ambientale	RIVESTIMENTO METALLICO: *Diam. 127mm* *Materiale riposto in cassetta catalogatrice in PVC (n.7) e fotografato.* *Foro attrezzato con piezometro a tubo aperto in PVC diam. 3" microfessurato da -3m a -20m da p.c.*

QUOTE (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CAMPIONI Prof. [m]	CAMPIONI Tipo	CAMPIONI Rendimento	Pocket Penetrometer Kg/cmq	Vane Test [Kg/cmq]	SPT Profondità [m]	SPT N	PERMEABILITA' Profondità [m]	PERMEABILITA' K [m/s]	SCHEMA PIEZOMETRO
20.00												
20.20		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.8-10cm in poca matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro.*										
20.80		*Sabbie da fini a medie con locali ciottoli eterometrici in matrice fine limosa di colore grigiastro-marrone.*						21.00 – 21.45	p.chiusa 14.12.10			
25.00		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.8-10cm in poca matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro.*						24.00 – 24.45	p.chiusa 15.20.22			
30.00		*Sabbie da medie a grossolane e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.6-8cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.*						27.00 – 27.45	p.chiusa 12.11.11			
33.80		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.10-12cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.*						30.00 – 30.45	p.chiusa 19.15.21			
35.00		*Sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.3-5cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.*						33.00 – 33.45	p.chiusa 15.18.19			

MIL05B VIGNATE (MI) – S3 CASSETTA da 0.00m a 5.00m



MIL05B VIGNATE (MI) – S3 CASSETTA da 5.00m a 10.00m



MIL05B VIGNATE (MI) – S3 CASSETTA da 10.00m a 15.00m

MIL05B VIGNATE (MI) – S3 CASSETTA da 15.00m a 20.00m

MIL05B VIGNATE (MI) – S3 CASSETTA da 20.00m a 25.00m

MIL05B VIGNATE (MI) – S3 CASSETTA da 25.00m a 30.00m

MIL05B VIGNATE (MI) – S3 CASSETTA da 30.00m a 35.00m

ALLEGATO 2 – GRAFICI PROVE PENETROMETRICHE

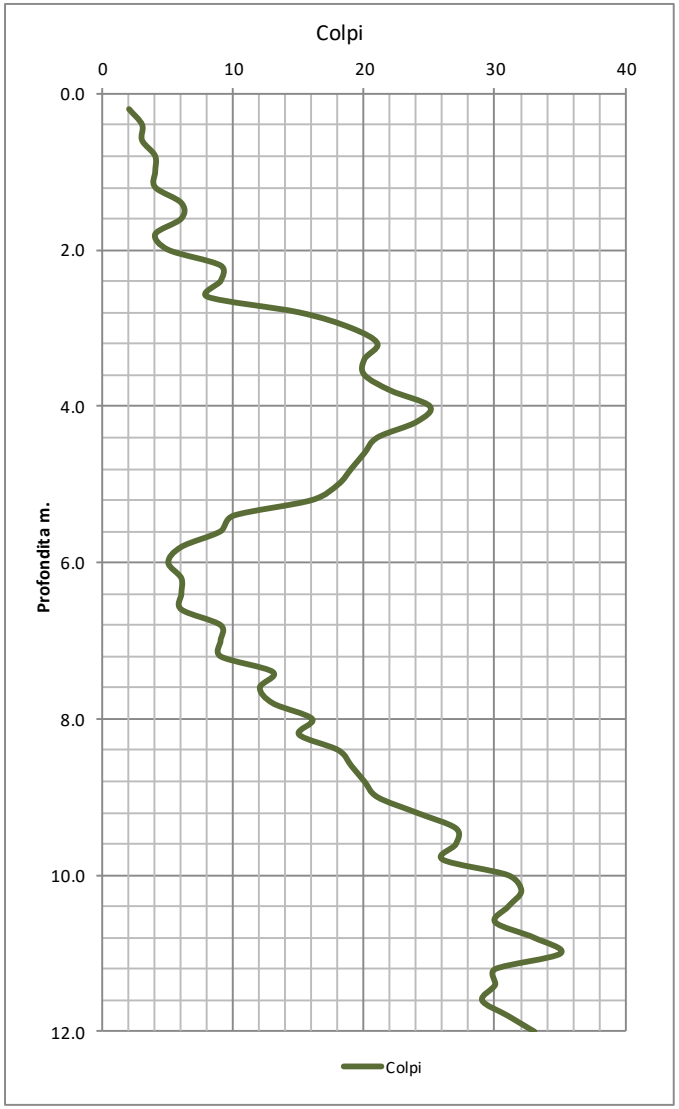
PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

STACK MIL05B

VIA PUGLIA SNC - VIGNATE (MI)

Prova: DPSH 1	Profondità : 12.0 *m.*	Quota Ass P.C: - - *m.*
Penetrom: *Pagani*	Data:29/01/2024	Coo: - - - -

Aste	Prof.	Colpi	Aste	Prof.	Colpi	Aste	Prof.	Colpi
1	0.2	2	11	10.2	32	21	20.2	
	0.4	3		10.4	31		20.2	
	0.6	3		10.6	30		20.4	
	0.8	4		10.8	33		20.6	
	1.0	4		11.0	35		20.8	
2	1.2	4	12	11.2	30	22	21.0	
	1.4	6		11.4	30		21.2	
	1.6	6		11.6	29		21.4	
	1.8	4		11.8	31		21.6	
	2.0	5		12.0	33		21.8	
3	2.2	9	13	12.2		23	22.0	
	2.4	9		12.4			22.2	
	2.6	8		12.6			22.4	
	2.8	15		12.8			22.6	
	3.0	19		13.0			22.8	
4	3.2	21	14	13.2		24	23.0	
	3.4	20		13.4			23.2	
	3.6	20		13.6			23.4	
	3.8	22		13.8			23.6	
	4.0	25		14.0			23.8	
5	4.2	24	15	14.2		25	24.0	
	4.4	21		14.4			24.2	
	4.6	20		14.6			24.6	
	4.8	19		14.8			24.8	
	5.0	18		15.0			25.0	
6	5.2	16	16	15.2		26	25.2	
	5.4	10		15.4			25.4	
	5.6	9		15.6			25.6	
	5.8	6		15.8			25.8	
	6.0	5		16.0			26.0	
7	6.2	6	17	16.2		27	26.2	
	6.4	6		16.4			26.4	
	6.6	6		16.6			26.6	
	6.8	9		16.8			26.8	
	7.0	9		17.0			27.0	
8	7.2	9	18	17.2		28	27.2	
	7.4	13		17.4			27.4	
	7.6	12		17.6			27.6	
	7.8	13		17.8			27.8	
	8.0	16		18.0			28.0	
9	8.2	15	19	18.2		29	28.2	
	8.4	18		18.4			28.4	
	8.6	19		18.6			28.6	
	8.8	20		18.8			28.8	
	9.0	21		19.0			29.0	
10	9.2	24	20	19.2		30	29.2	
	9.4	27		19.4			29.4	
	9.6	27		19.6			29.6	
	9.8	26		19.8			29.8	
	10.0	31		20.0			30.0	



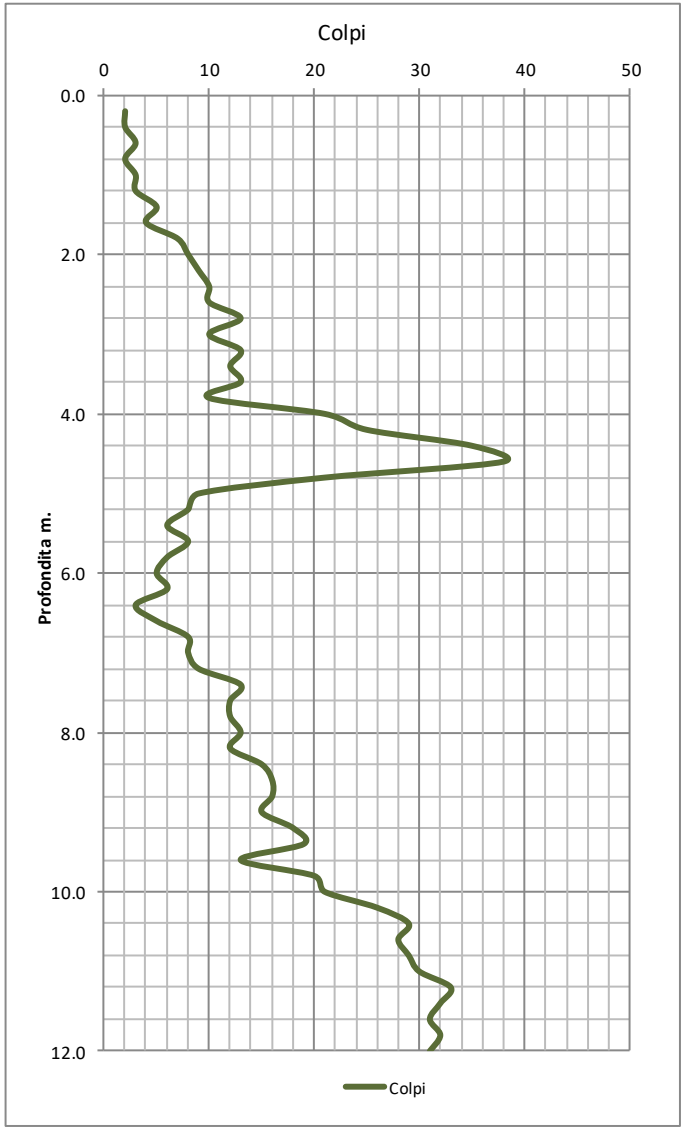
PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

STACK MIL05B

VIA PUGLIA SNC - VIGNATE (MI)

Prova: DPSH 2	Profondità : 12.0 *m.*	Quota Ass P.C: - - *m.*
Penetrom: *Pagani*	Data:29/01/2024	Coo: - - - -

Aste	Prof.	Colpi	Aste	Prof.	Colpi	Aste	Prof.	Colpi
1	0.2	2	11	10.2	26	21	20.2	
	0.4	2		10.4	29		20.2	
	0.6	3		10.6	28		20.4	
	0.8	2		10.8	29		20.6	
	1.0	3		11.0	30		20.8	
2	1.2	3	12	11.2	33	22	21.0	
	1.4	5		11.4	32		21.2	
	1.6	4		11.6	31		21.4	
	1.8	7		11.8	32		21.6	
	2.0	8		12.0	31		21.8	
3	2.2	9	13	12.2		23	22.0	
	2.4	10		12.4			22.2	
	2.6	10		12.6			22.4	
	2.8	13		12.8			22.6	
	3.0	10		13.0			22.8	
4	3.2	13	14	13.2		24	23.0	
	3.4	12		13.4			23.2	
	3.6	13		13.6			23.4	
	3.8	10		13.8			23.6	
	4.0	21		14.0			23.8	
5	4.2	25	15	14.2		25	24.0	
	4.4	35		14.4			24.2	
	4.6	38		14.6			24.6	
	4.8	21		14.8			24.8	
	5.0	9		15.0			25.0	
6	5.2	8	16	15.2		26	25.2	
	5.4	6		15.4			25.4	
	5.6	8		15.6			25.6	
	5.8	6		15.8			25.8	
	6.0	5		16.0			26.0	
7	6.2	6	17	16.2		27	26.2	
	6.4	3		16.4			26.4	
	6.6	5		16.6			26.6	
	6.8	8		16.8			26.8	
	7.0	8		17.0			27.0	
8	7.2	9	18	17.2		28	27.2	
	7.4	13		17.4			27.4	
	7.6	12		17.6			27.6	
	7.8	12		17.8			27.8	
	8.0	13		18.0			28.0	
9	8.2	12	19	18.2		29	28.2	
	8.4	15		18.4			28.4	
	8.6	16		18.6			28.6	
	8.8	16		18.8			28.8	
	9.0	15		19.0			29.0	
10	9.2	18	20	19.2		30	29.2	
	9.4	19		19.4			29.4	
	9.6	13		19.6			29.6	
	9.8	20		19.8			29.8	
	10.0	21		20.0			30.0	



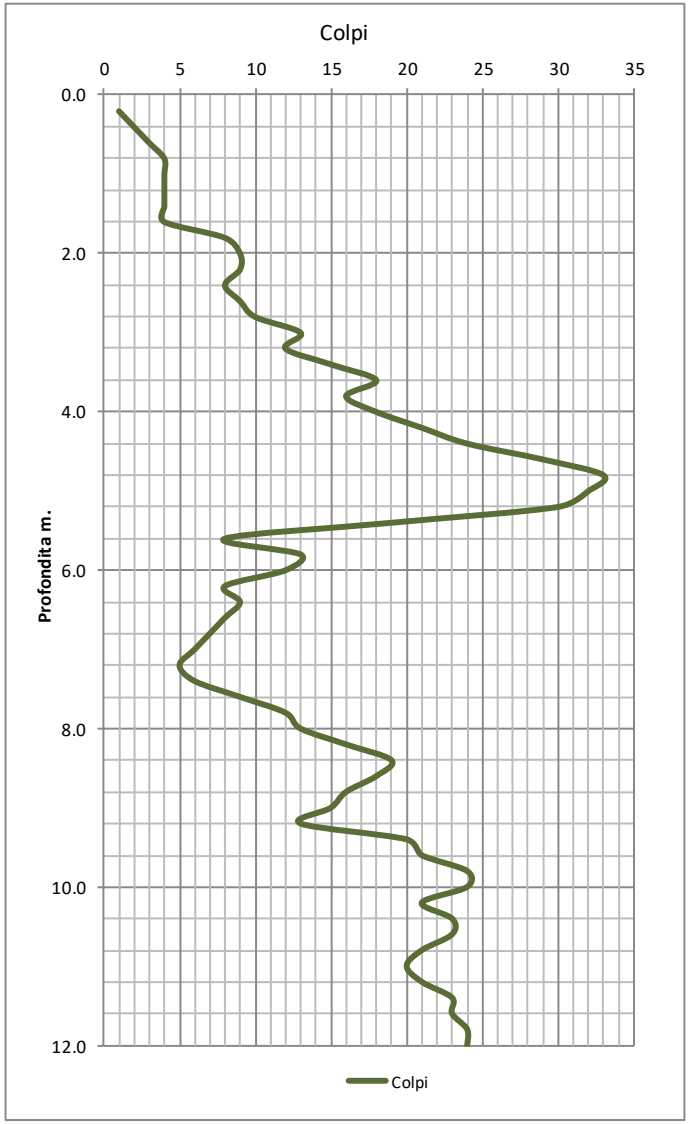
PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

STACK MIL05B

VIA PUGLIA SNC - VIGNATE (MI)

Prova: DPSH 3	Profondità : 13.6 *m.*	Quota Ass P.C: - - *m.*
Penetrom: *Pagani*	Data:29/01/2024	Coo: - - - -

Aste	Prof.	Colpi	Aste	Prof.	Colpi	Aste	Prof.	Colpi
1	0.2	1	11	10.2	21	21	20.2	
	0.4	2		10.4	23		20.2	
	0.6	3		10.6	23		20.4	
	0.8	4		10.8	21		20.6	
	1.0	4		11.0	20		20.8	
2	1.2	4	12	11.2	21	22	21.0	
	1.4	4		11.4	23		21.2	
	1.6	4		11.6	23		21.4	
	1.8	8		11.8	24		21.6	
	2.0	9		12.0	24		21.8	
3	2.2	9	13	12.2		23	22.0	
	2.4	8		12.4			22.2	
	2.6	9		12.6			22.4	
	2.8	10		12.8			22.6	
	3.0	13		13.0			22.8	
4	3.2	12	14	13.2		24	23.0	
	3.4	15		13.4			23.2	
	3.6	18		13.6			23.4	
	3.8	16		13.8			23.6	
	4.0	18		14.0			23.8	
5	4.2	21	15	14.2		25	24.0	
	4.4	24		14.4			24.2	
	4.6	29		14.6			24.6	
	4.8	33		14.8			24.8	
	5.0	32		15.0			25.0	
6	5.2	30	16	15.2		26	25.2	
	5.4	19		15.4			25.4	
	5.6	8		15.6			25.6	
	5.8	13		15.8			25.8	
	6.0	12		16.0			26.0	
7	6.2	8	17	16.2		27	26.2	
	6.4	9		16.4			26.4	
	6.6	8		16.6			26.6	
	6.8	7		16.8			26.8	
	7.0	6		17.0			27.0	
8	7.2	5	18	17.2		28	27.2	
	7.4	6		17.4			27.4	
	7.6	9		17.6			27.6	
	7.8	12		17.8			27.8	
	8.0	13		18.0			28.0	
9	8.2	16	19	18.2		29	28.2	
	8.4	19		18.4			28.4	
	8.6	18		18.6			28.6	
	8.8	16		18.8			28.8	
	9.0	15		19.0			29.0	
10	9.2	13	20	19.2		30	29.2	
	9.4	20		19.4			29.4	
	9.6	21		19.6			29.6	
	9.8	24		19.8			29.8	
	10.0	24		20.0			30.0	



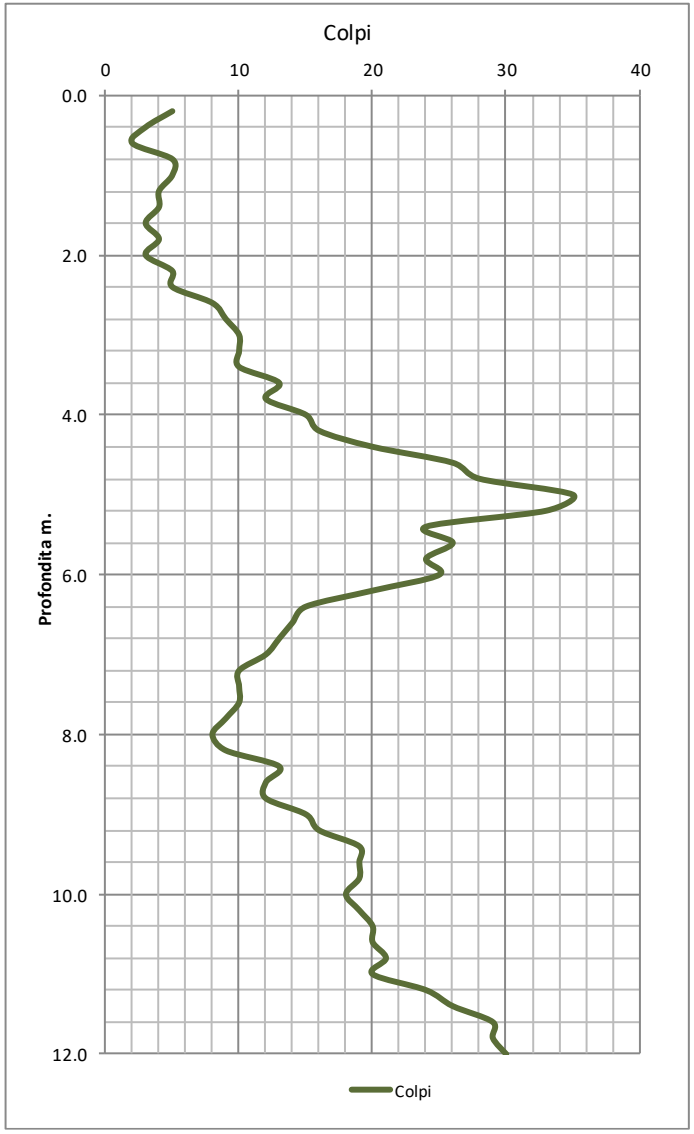
PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

STACK MIL05B

VIA PUGLIA SNC - VIGNATE (MI)

Prova: DPSH 4	Profondità : 14.4 *m.*	Quota Ass P.C: - - *m.*
Penetrom: *Pagani*	Data:29/01/2024	Coo: - - - -

Aste	Prof.	Colpi	Aste	Prof.	Colpi	Aste	Prof.	Colpi
	0.2	5		10.2	19	21	20.2	
	0.4	3		10.4	20		20.2	
1	0.6	2	11	10.6	20		20.4	
	0.8	5		10.8	21		20.6	
	1.0	5		11.0	20		20.8	
	1.2	4		11.2	24	22	21.0	
	1.4	4		11.4	26		21.2	
2	1.6	3	12	11.6	29		21.4	
	1.8	4		11.8	29		21.6	
	2.0	3		12.0	30		21.8	
	2.2	5		12.2		23	22.0	
	2.4	5		12.4			22.2	
3	2.6	8	13	12.6			22.4	
	2.8	9		12.8			22.6	
	3.0	10		13.0			22.8	
	3.2	10		13.2		24	23.0	
	3.4	10		13.4			23.2	
4	3.6	13	14	13.6			23.4	
	3.8	12		13.8			23.6	
	4.0	15		14.0			23.8	
	4.2	16		14.2			24.0	
	4.4	20		14.4			24.2	
5	4.6	26	15	14.6		25	24.6	
	4.8	28		14.8			24.8	
	5.0	35		15.0			25.0	
	5.2	33		15.2			25.2	
	5.4	24		15.4			25.4	
6	5.6	26	16	15.6		26	25.6	
	5.8	24		15.8			25.8	
	6.0	25		16.0			26.0	
	6.2	20		16.2			26.2	
	6.4	15		16.4			26.4	
7	6.6	14	17	16.6		27	26.6	
	6.8	13		16.8			26.8	
	7.0	12		17.0			27.0	
	7.2	10		17.2			27.2	
	7.4	10		17.4			27.4	
8	7.6	10	18	17.6		28	27.6	
	7.8	9		17.8			27.8	
	8.0	8		18.0			28.0	
	8.2	9		18.2			28.2	
	8.4	13		18.4			28.4	
9	8.6	12	19	18.6		29	28.6	
	8.8	12		18.8			28.8	
	9.0	15		19.0			29.0	
	9.2	16		19.2			29.2	
	9.4	19		19.4			29.4	
10	9.6	19	20	19.6		30	29.6	
	9.8	19		19.8			29.8	
	10.0	18		20.0			30.0	



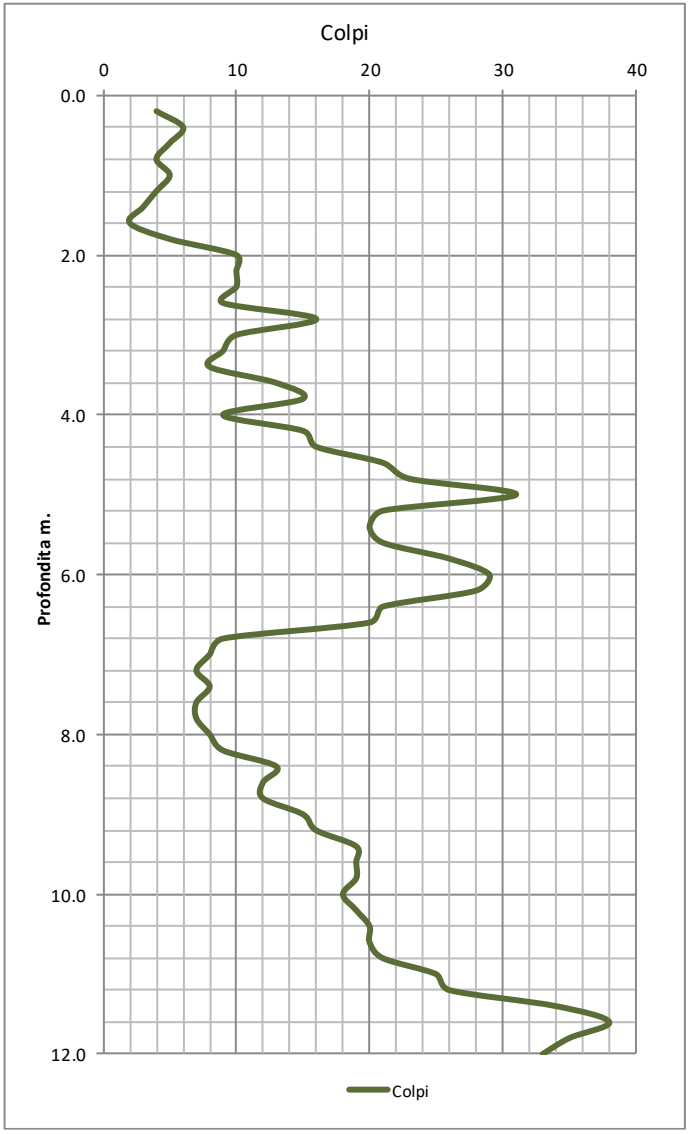
PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

STACK MIL05B

VIA PUGLIA SNC - VIGNATE (MI)

Prova: DPSH 5	Profondità : 13.8 *m.*	Quota Ass P.C: - - *m.*
Penetrom: *Pagani*	Data:29/01/2024	Coo: - - - -

Aste	Prof.	Colpi	Aste	Prof.	Colpi	Aste	Prof.	Colpi
1	0.2	4	11	10.2	19	21	20.2	
	0.4	6		10.4	20		20.2	
	0.6	5		10.6	20		20.4	
	0.8	4		10.8	21		20.6	
	1.0	5		11.0	25		20.8	
2	1.2	4	12	11.2	26	22	21.0	
	1.4	3		11.4	34		21.2	
	1.6	2		11.6	38		21.4	
	1.8	5		11.8	35		21.6	
	2.0	10		12.0	33		21.8	
3	2.2	10	13	12.2		23	22.0	
	2.4	10		12.4			22.2	
	2.6	9		12.6			22.4	
	2.8	16		12.8			22.6	
	3.0	10		13.0			22.8	
4	3.2	9	14	13.2		24	23.0	
	3.4	8		13.4			23.2	
	3.6	13		13.6			23.4	
	3.8	15		13.8			23.6	
	4.0	9		14.0			23.8	
5	4.2	15	15	14.2		25	24.0	
	4.4	16		14.4			24.2	
	4.6	21		14.6			24.6	
	4.8	23		14.8			24.8	
	5.0	31		15.0			25.0	
6	5.2	21	16	15.2		26	25.2	
	5.4	20		15.4			25.4	
	5.6	21		15.6			25.6	
	5.8	26		15.8			25.8	
	6.0	29		16.0			26.0	
7	6.2	28	17	16.2		27	26.2	
	6.4	21		16.4			26.4	
	6.6	20		16.6			26.6	
	6.8	9		16.8			26.8	
	7.0	8		17.0			27.0	
8	7.2	7	18	17.2		28	27.2	
	7.4	8		17.4			27.4	
	7.6	7		17.6			27.6	
	7.8	7		17.8			27.8	
	8.0	8		18.0			28.0	
9	8.2	9	19	18.2		29	28.2	
	8.4	13		18.4			28.4	
	8.6	12		18.6			28.6	
	8.8	12		18.8			28.8	
	9.0	15		19.0			29.0	
10	9.2	16	20	19.2		30	29.2	
	9.4	19		19.4			29.4	
	9.6	19		19.6			29.6	
	9.8	19		19.8			29.8	
	10.0	18		20.0			30.0	



ALLEGATO 3 – CERTIFICATI PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 1,00-1,60
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Indisturbato
contenitore: Fustella Metallica tipo Shelby
colore secondo Munsell: *7,5 YR 4/3 Brown*

diametro nominale (mm): 85
lunghezza effettiva (cm): 40
classe di qualità: Q5

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua	X	Triassiale U.U.		Edometria	X
massa volumica naturale	X	Triassiale C.I.U	X	cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani	X	Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto	X	Tagl. Anulare	
Sedimentazione	x	Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo di limo sabbioso , umido al tatto, bassa plasticità, molto consistente.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*
10	450	430	trx3
20	400	320	trx1-trx2
30	360	270	tg3-edo
40	0	0	tg1-tg2

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S1 CI1
Sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

ALTO → BASSO

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITA': Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: CI1
PROFONDITA' (m): 1,00-1,60
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

PESO DI VOLUME (UNI CEN ISO/TS 17892-2 - metodo A)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 04/04/2025
Data di esecuzione prove: 07/04/2025

volume (cm^3)	*peso umido (g)*	*test eseguito*	*posizione*
72,00	147,55	provino 1	superiore
72,00	147,07	provino 2	centrale
72,00	140,54	provino 3	inferiore

Peso di volume: ρ 2,01 Mg/m^3
(medio, in condizioni di umidità naturale)

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITA': Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: CI1
PROFONDITA' (m): 1,00-1,60
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

UMIDITA' NATURALE (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 04/04/2025
Data di esecuzione prove: 07/04/2025

peso umido (g)	*peso secco (g)*	*test eseguito*	*posizione*
45,58	39,32	provino 1	superiore
32,68	28,79	provino 2	centrale
42,49	37,99	provino 3	inferiore

Umidità allo stato naturale: **W** 13,76 %

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITA': Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: CI1
PROFONDITA' (m): 1,00-1,60
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

PESO DI VOLUME REALE DEI GRANI (ASTM D854)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 04/04/2025
Data di esecuzione prove: 07/04/2025

	misura I	misura II
picnometro n°	2	5
massa campione (g)	27,06	24,30
massa picnometro + acqua + campione (g)	194,77	193,62
massa picnometro + acqua (g)	178,06	177,94
temperatura (°C)	20,2	20,2
ρ_r *calcolato (Mg/m^3)*	2,610	2,814

peso di volume reale dei granuli: ρ_r 2,71 Mg/m^3

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 1,00-1,60
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

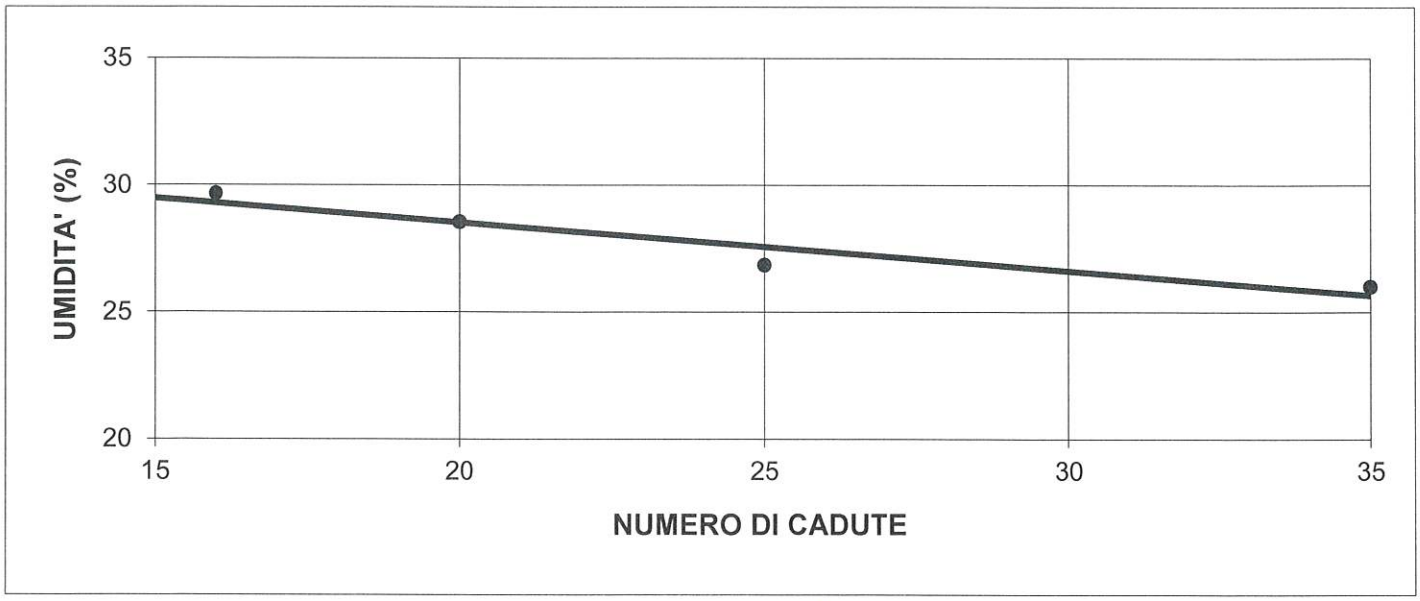
data di esecuzione: 15/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*
16	10,62	8,19	29,67	2,96	2,48	19,35
20	10,49	8,16	28,55	2,37	1,99	19,10
25	12,09	9,53	26,86			
35	10,95	8,69	26,01			

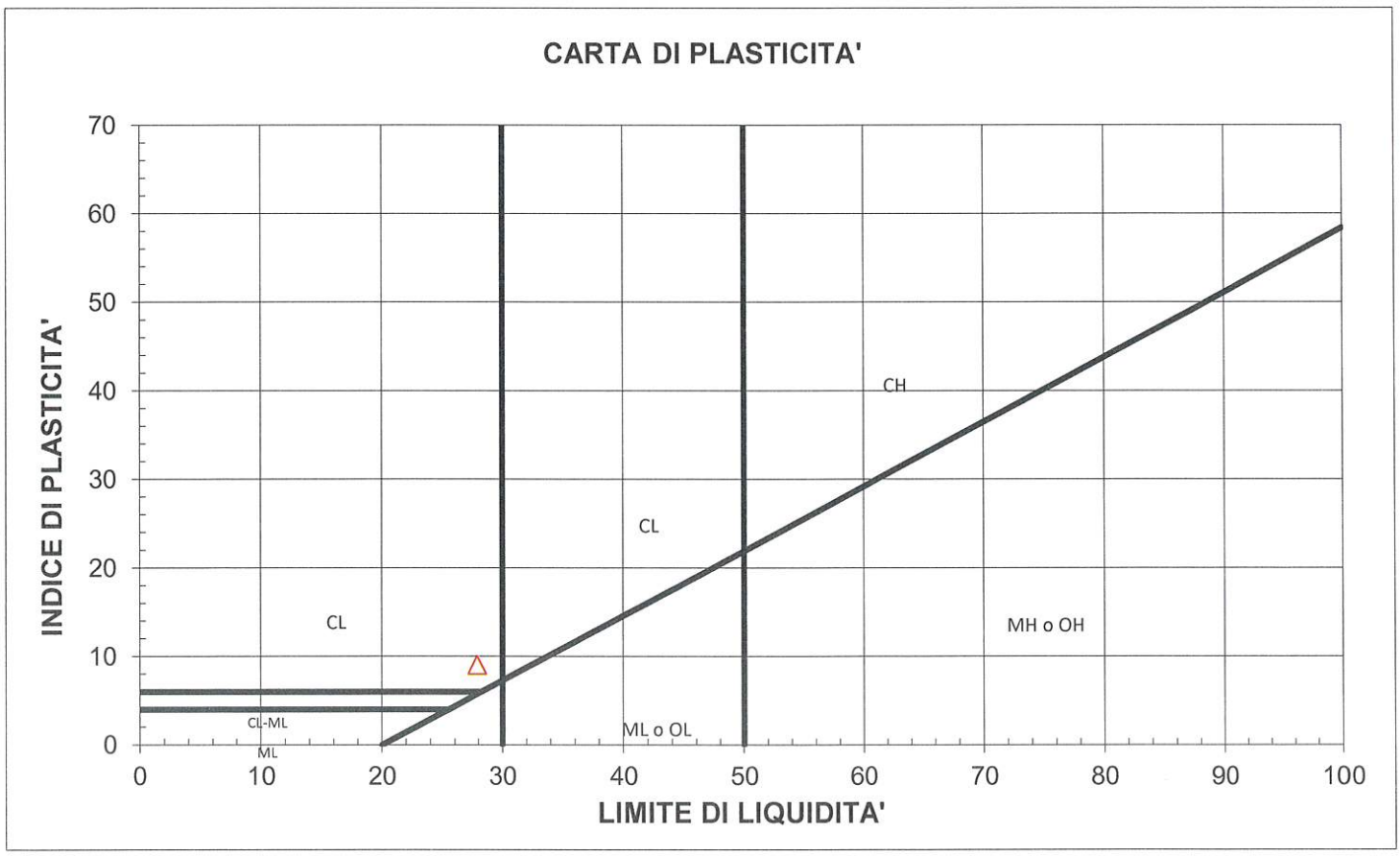
limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**WI**	28	%
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**	19	%
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**	9	



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli



M = limi inorganici
C = argille inorganiche
O = limi e argille organiche

L = basso limite di liquidità
H = alto limite di liquidità

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 1,00-1,60
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 15/04/2025

massa terreno setacciato (g): 447,22

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
38,1	0,00	447,22	100,00
25,4	33,30	413,92	92,55
19,05	44,29	402,93	90,10
12,7	63,69	383,53	85,76
9,5	81,18	366,04	81,85
4,75	112,99	334,23	74,74
2	143,94	303,28	67,81
1	168,80	278,42	62,26
0,425	226,38	220,84	49,38
0,25	277,27	169,95	38,00
0,125	304,96	142,26	31,81
0,075	321,76	125,46	28,05

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 15/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0
densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 31,15

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*
30	0,065	27	26,98
60	0,046	26	25,77
120	0,033	25	24,57
300	0,021	23,5	22,76
600	0,015	22	20,95
1200	0,011	21	19,75
2400	0,008	20	18,54
4800	0,005	18,5	16,74
14400	0,003	17	14,93
86400	0,001	15,5	13,12

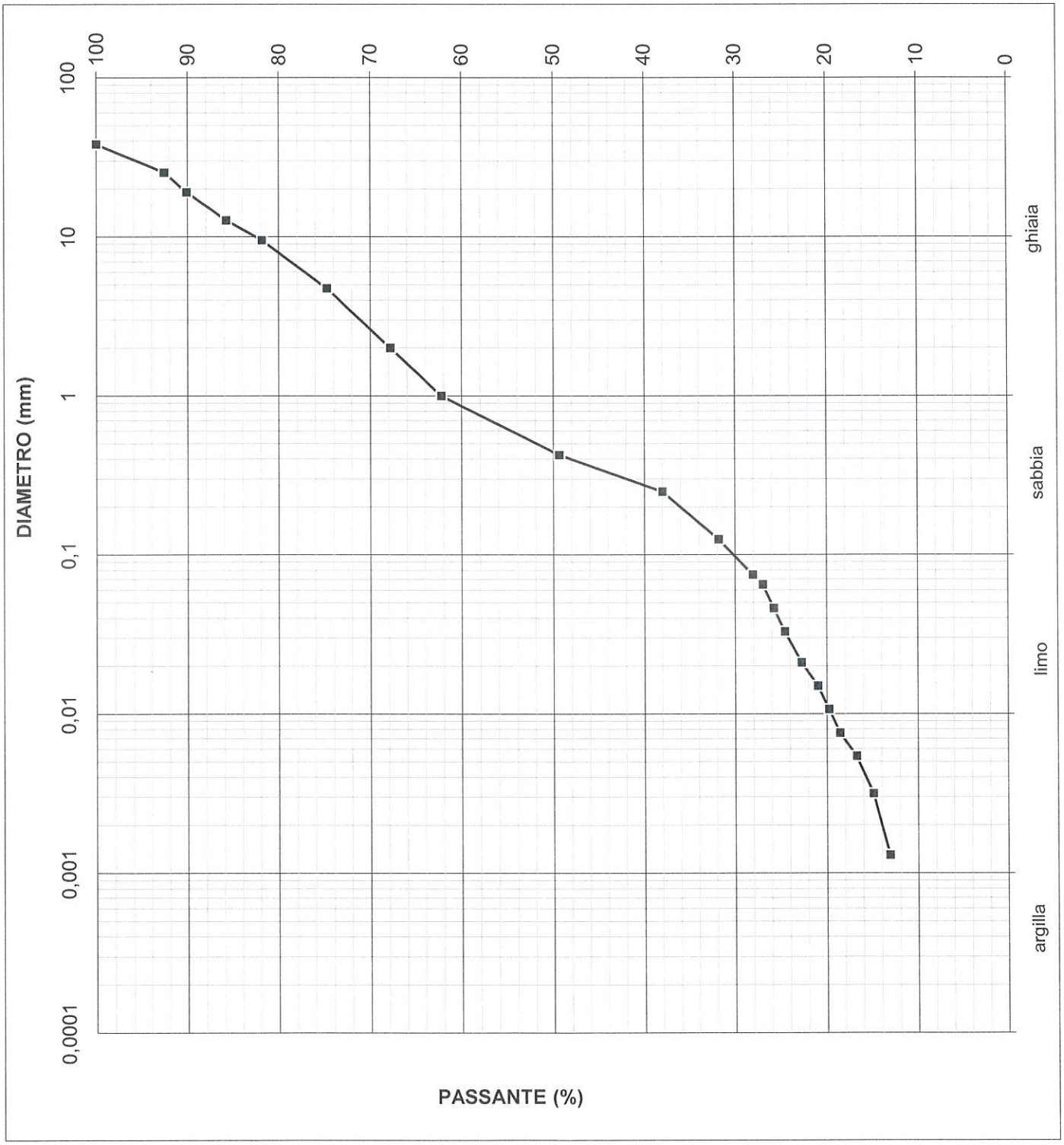
**correzioni applicate:*

$C_m = 0,5$
$C_d = 5$
$C_t = 0,9$

composizione granulometrica	
% ghiaia	25,3
% sabbia	46,7
% limo	11,6
% argilla	16,5

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S1 CI1
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025
Data esecuzione prove: 15/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 1,00-1,60
Tipo Campione: Indisturbati 24/03/2025

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATO DRENATO (ASTM D3080-04)

CARATTERISTICHE DEI PROVINI

	sezione (cm^2)	*altezza iniziale* (cm)	*massa iniziale* (g)	*umidità iniziale* (%)	*altezza finale* (cm)	*umidità finale* (%)
provino 1	36,00	2,00	147,55	15,92	1,89	13,88
provino 2	36,00	2,00	147,07	13,51	1,84	12,07
provino 3	36,00	2,00	138,94	11,85	1,82	13,31

DATI DI PROVA: FASE DI ROTTURA

provino 1

carico verticale applicato: 100 kPa
velocità di deformazione: 1,75E-01 µm/s

nota: gli sforzi di taglio sono calcolati tenendo conto della riduzione di area dei provini.

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
0,000	0,000			1,59	-0,290	164	46,8
		1	0,3	1,69	-0,310	172	49,2
	-0,010	5	0,3	1,80	-0,330	175	50,1
0,010	-0,010	5	1,4	1,90	-0,340	181	51,9
0,010	-0,010	8	1,4	2,00	-0,360	186	53,4
0,010	-0,020	16	2,2	2,12	-0,370	184	53,0
0,090	-0,020	14	4,4	2,21	-0,380	189	54,5
0,170	-0,020	14	3,9	2,32	-0,390	185	53,5
0,250	-0,020	14	3,9	2,42	-0,410	185	53,5
0,350	-0,020	14	3,9	2,53	-0,420	188	54,5
0,450	-0,020	16	3,9	2,63	-0,420	188	54,6
0,530	-0,020	20	4,5	2,72	-0,430	191	55,6
0,600	-0,020	30	5,6	2,82	-0,430	197	57,4
0,690	-0,040	69	8,4	2,92	-0,440	200	58,4
0,790	-0,070	92	19,4	3,01	-0,440	209	61,1
0,870	-0,100	100	25,9	3,10	-0,440	211	61,8
0,970	-0,130	119	28,2	3,20	-0,450	216	63,4
1,070	-0,160	129	33,6	3,29	-0,450	222	65,2
1,170	-0,190	139	36,5	3,38	-0,450	223	65,6
1,270	-0,210	145	39,4	3,47	-0,450	234	69,0
1,370	-0,240	153	41,1	3,56	-0,450	236	69,7
1,480	-0,260	163	43,5	3,66	-0,450	234	69,2
1,590	-0,290	164	46,4	3,75	-0,450	241	71,4

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S1 CI1**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
3,840	-0,450	245	72,7	5,15	-0,450	284	86,3
3,930	-0,450	249	74,0	5,23	-0,450	284	86,4
4,010	-0,450	251	74,7	5,31	-0,450	290	88,4
4,100	-0,450	254	75,7	5,37	-0,450	286	87,3
4,180	-0,460	259	77,3	5,45	-0,440	291	88,9
4,260	-0,450	261	78,0	5,54	-0,440	290	88,8
4,340	-0,460	263	78,8	5,62	-0,440	292	89,5
4,410	-0,450	267	80,1	5,70	-0,440	293	89,9
4,490	-0,450	268	80,5	5,77	-0,440	293	90,0
4,560	-0,460	265	79,7	5,84	-0,430	296	91,1
4,640	-0,460	273	82,2	5,91	-0,430	294	90,6
4,700	-0,450	270	81,4	5,99	-0,430	294	90,7
4,770	-0,450	276	83,3	6,05	-0,430	298	92,1
4,850	-0,450	276	83,4	6,13	-0,420	300	92,8
4,920	-0,450	279	84,4	6,19	-0,420	301	93,2
5,000	-0,450	281	85,2	6,27	-0,420	304	94,3
5,080	-0,450	285	86,5	6,35	-0,410	302	93,8

provino 2

carico verticale applicato: 200 kPa
velocità di deformazione: 9,52E-02 µm/s

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
0,000	0,000			0,95	-0,310	291	82,1
0,043		-11	-3,1	1,01	-0,319	300	84,8
0,045	-0,007	-8	-2,2	1,07	-0,328	313	88,5
0,122	-0,012	5	1,4	1,13	-0,351	319	90,3
0,210	-0,020	5	1,4	1,18	-0,359	335	94,9
0,277	-0,027	10	2,8	1,24	-0,368	345	97,9
0,290	-0,033	16	4,5	1,30	-0,374	352	99,9
0,293	-0,040	40	11,2	1,37	-0,381	357	101,5
0,294	-0,047	57	15,9	1,43	-0,387	365	103,9
0,289	-0,056	69	19,3	1,49	-0,394	372	106,0
0,287	-0,066	85	23,7	1,56	-0,400	381	108,7
0,283	-0,095	91	25,4	1,62	-0,402	391	111,6
0,305	-0,105	115	32,1	1,67	-0,419	399	114,0
0,340	-0,125	136	38,0	1,74	-0,424	401	114,7
0,387	-0,147	152	42,5	1,81	-0,431	407	116,6
0,439	-0,164	171	47,9	1,87	-0,435	418	119,8
0,496	-0,186	183	51,3	1,93	-0,439	422	121,1
0,553	-0,200	199	55,8	2,00	-0,444	424	121,8
0,612	-0,224	209	58,7	2,07	-0,447	431	124,0
0,666	-0,238	229	64,3	2,13	-0,450	436	125,6
0,728	-0,253	240	67,5	2,19	-0,453	442	127,4
0,790	-0,276	252	70,9	2,26	-0,456	446	128,7
0,846	-0,289	268	75,5	2,33	-0,459	449	129,8
0,898	-0,300	279	78,7	2,39	-0,460	453	131,1

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S1 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
2,454	-0,477	460	133,2	3,57	-0,490	509,0	150,3
2,514	-0,479	468	135,7	3,63	-0,491	509,0	150,5
2,576	-0,479	475	137,9	3,69	-0,490	513,0	151,8
2,650	-0,479	476	138,3	3,76	-0,489	516,0	152,9
2,725	-0,484	479	139,4	3,83	-0,487	517,0	153,4
2,797	-0,486	481	140,1	3,91	-0,487	516,0	153,3
2,869	-0,486	481	140,3	3,98	-0,488	520,0	154,7
2,942	-0,488	486	142,0	4,05	-0,488	523,0	155,8
3,012	-0,489	488	142,7	4,13	-0,488	524,0	156,3
3,084	-0,489	491	143,8	4,20	-0,488	526,0	157,1
3,151	-0,490	497	145,7	4,27	-0,488	528,0	157,9
3,217	-0,490	500	146,8	4,35	-0,487	530,0	158,7
3,285	-0,491	503	147,8	4,42	-0,487	529,0	158,6
3,359	-0,490	504	148,3	4,50	-0,488	528,0	158,6
3,427	-0,491	509	150,0	4,58	-0,487	534,0	160,6
3,501	-0,490	509	150,2	4,65	-0,486	536,0	161,4

provino 3

carico verticale applicato: 300 kPa
velocità di deformazione: 1,28E-01 µm/s

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
0,000	0,000			1,55	-0,290	475	135,4
0,040		7	1,9	1,62	-0,300	484	138,2
0,040	-0,020	65	18,1	1,70	-0,300	493	140,9
0,040	-0,030	97	27,0	1,78	-0,310	502	143,7
0,040	-0,050	124	34,5	1,86	-0,320	512	146,8
0,040	-0,060	140	38,9	1,94	-0,330	520	149,3
0,110	-0,070	179	49,8	2,02	-0,340	526	151,2
0,180	-0,080	209	58,2	2,10	-0,340	534	153,7
0,250	-0,090	230	64,2	2,17	-0,350	540	155,6
0,320	-0,100	256	71,5	2,25	-0,350	543	156,7
0,400	-0,110	275	76,9	2,33	-0,360	545	157,5
0,480	-0,120	292	81,8	2,41	-0,360	551	159,5
0,550	-0,140	311	87,2	2,49	-0,370	559	162,0
0,620	-0,150	317	89,0	2,57	-0,380	565	164,0
0,700	-0,160	337	94,7	2,65	-0,380	567	164,8
0,780	-0,180	344	96,8	2,73	-0,380	570	165,9
0,860	-0,190	363	102,3	2,81	-0,390	572	166,7
0,940	-0,210	378	106,7	2,89	-0,390	577	168,4
1,010	-0,220	394	111,3	2,96	-0,390	576	168,3
1,090	-0,230	406	114,9	3,04	-0,400	577	168,8
1,160	-0,240	425	120,4	3,12	-0,400	581	170,2
1,240	-0,250	439	124,5	3,21	-0,400	585	171,7
1,310	-0,260	452	128,4	3,28	-0,410	590	173,4
1,390	-0,270	453	128,8	3,36	-0,410	592	174,2
1,470	-0,280	465	132,4	3,44	-0,410	591	174,2

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S1 CI1**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

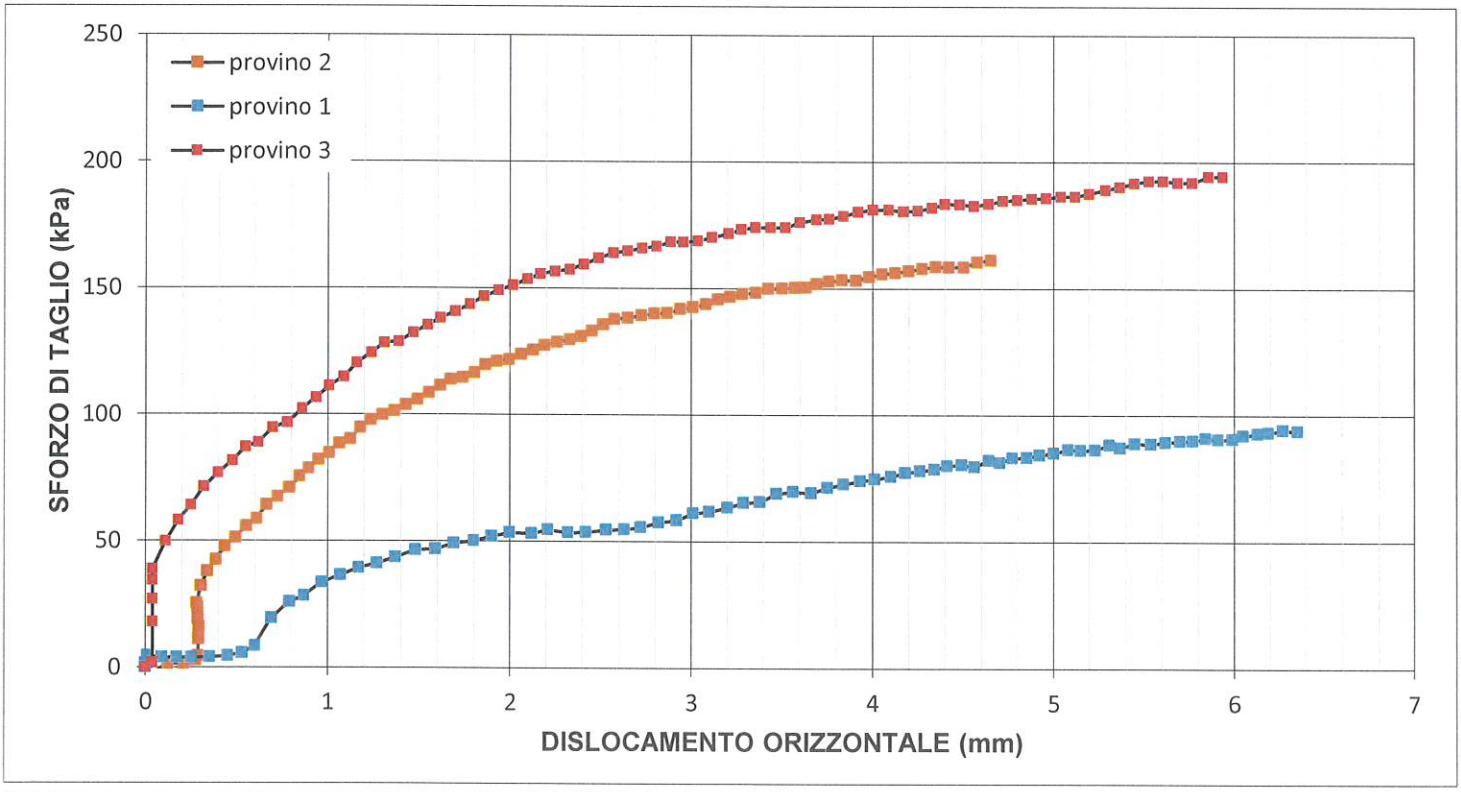
dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
3,520	-0,410	590	174,1	4,72	-0,460	613	184,8
3,600	-0,430	596	176,1	4,80	-0,460	613	185,1
3,690	-0,430	599	177,3	4,88	-0,460	614	185,7
3,760	-0,430	599	177,5	4,96	-0,460	614	185,9
3,840	-0,430	602	178,7	5,04	-0,460	615	186,5
3,920	-0,440	607	180,4	5,12	-0,460	614	186,5
4,000	-0,440	609	181,3	5,20	-0,460	617	187,7
4,090	-0,440	608	181,2	5,29	-0,460	621	189,2
4,170	-0,440	605	180,6	5,37	-0,460	624	190,4
4,250	-0,440	605	180,9	5,45	-0,460	628	191,9
4,330	-0,450	608	182,0	5,53	-0,470	630	192,8
4,400	-0,450	612	183,5	5,61	-0,470	629	192,7
4,480	-0,450	611	183,4	5,69	-0,470	626	192,1
4,560	-0,450	608	182,8	5,77	-0,470	625	192,1
4,640	-0,450	610	183,6	5,86	-0,480	632	194,6

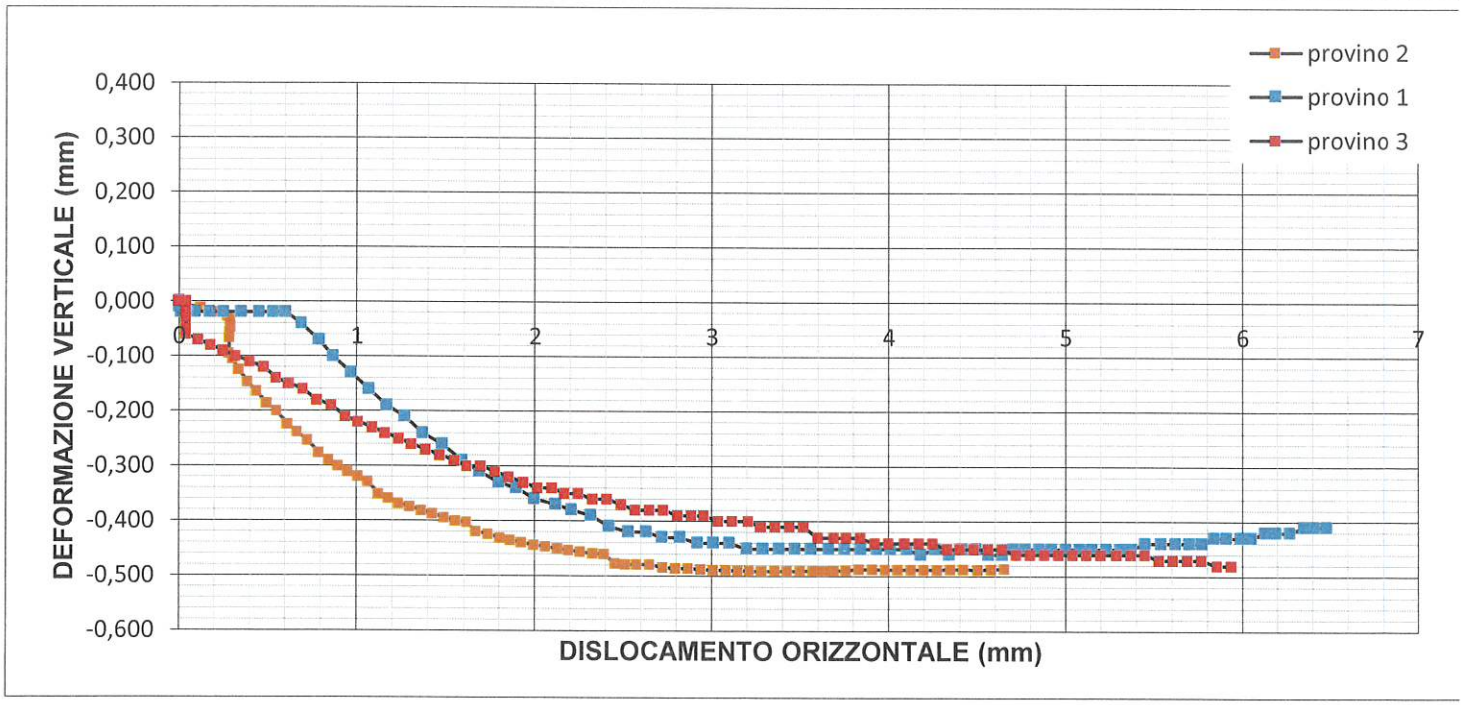
commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S1 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

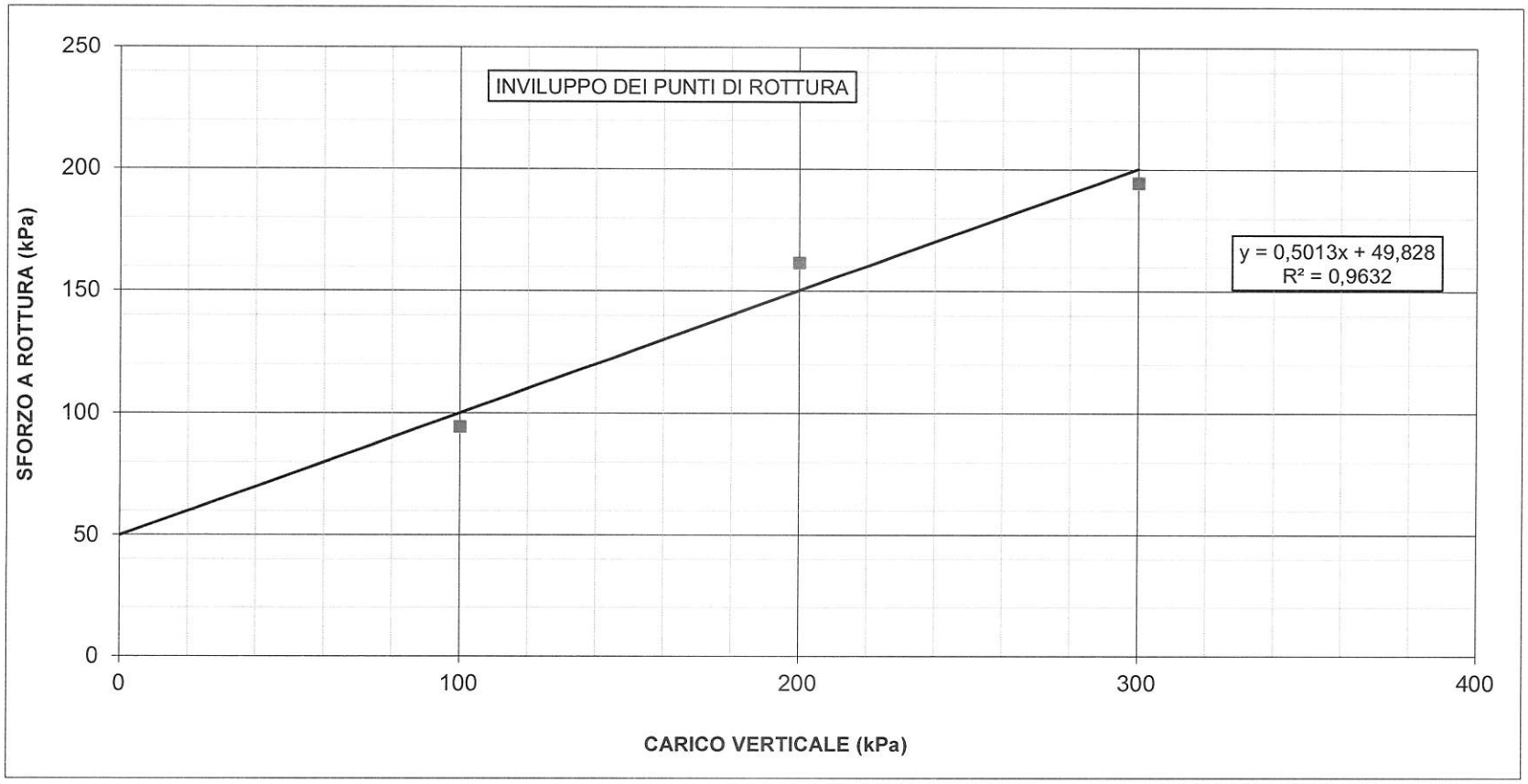
Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091





commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

certificato di prova n° 502/25 Del 23/04/2025 - proposta di interpretazione



CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: CI1

provino	1	2	3
carico verticale (kPa)	100	200	300
sforzo di taglio (kPa)	94,3	161,4	194,6

c' (kPa) = 49,8

ϕ' (° sessadecimali) = 26,6

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 1,00-1,60
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CONSOLIDATA ISOTROPICAMENTE NON DRENATA (UNI CEN ISO/TS 17892/9)

CARATTERISTICHE DEI PROVINI

	sezione (cm^2)	*altezza iniziale* (cm)	*massa iniziale* (g)	*umidità iniziale* (%)
provino 1	11,34	7,60	178,31	12,51
provino 2	11,34	7,60	177,91	14,20
provino 3	11,34	7,60	178,74	13,22

	altezza finale (cm)	*massa finale* (g)	*volume finale* (cm^3)	*umidità finale* (%)
provino 1	6,58	175,89	85,54	20,51
provino 2	6,58	174,89	85,47	19,48
provino 3	6,57	173,24	85,38	18,37

SIMBOLOGIA ADOTTATA

σ_1 = pressione assiale
σ'_1 = pressione assiale efficace
BP = contropressione
B = parametro di Skempton
dH = deformazione assiale
A_c = area corretta
σ_3 = pressione di confinamento
σ'_3 = pressione di confinamento efficace
dU = variazione di pressione interstiziale
dF = variazione di forza assiale
ΔV = variazione di volume

DATI DI PROVA: FASE DI SATURAZIONE

provino 1 *data di esecuzione:* 15/04/2025

σ_3 *iniziale (kPa)*	σ_3 *finale (kPa)*	*BP (kPa)*	*dU iniziale (kPa)*	*dU finale (kPa)*	*B*
0	50	0	0,0	31,2	0,625
50	50	45	31,2	53,3	
50	100	45	53,3	85,1	0,637
100	100	95	85,1	111,3	
100	150	95	111,3	160,3	0,981
150	195	95	160,3	204,1	0,973

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S1 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

provino 2 *data di esecuzione:* 15/04/2025

σ_3 iniziale (kPa)	σ_3 finale (kPa)	BP (kPa)	dU iniziale (kPa)	dU finale (kPa)	B
0	50	0	0,0	33,4	0,669
50	50	45	33,4	55,2	
50	100	45	55,2	887,5	16,645
100	100	95	887,5	118,4	
100	150	95	118,4	167,6	0,983
150	295	95	167,6	309,7	0,980

provino 3 *data di esecuzione:* 15/04/2025

σ_3 iniziale (kPa)	σ_3 finale (kPa)	BP (kPa)	dU iniziale (kPa)	dU finale (kPa)	B
0	50	0	0,0	34,5	0,690
50	50	45	34,5	56,1	
50	100	45	56,1	88,4	0,646
100	100	95	88,4	119,4	
100	150	95	119,4	168,5	0,982
150	395	95	168,5	406,7	0,972

DATI DI PROVA: FASE DI CONSOLIDAZIONE

provino 1 *pressione di confinamento:* 195 kPa
data di esecuzione: 16-17/04/2025 *contropressione:* 95 kPa

tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)
0	0,00	60	0,23	900	0,41	14400	0,58
6	0,05	120	0,27	1800	0,47	28800	0,60
15	0,11	240	0,32	3600	0,51	86400	0,62
30	0,18	480	0,36	7200	0,55	172800	0,64

provino 2 *pressione di confinamento:* 295 kPa
data di esecuzione: 16-17/04/2025 *contropressione:* 95 kPa

tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)
0	0,00	60	0,27	900	0,49	14400	0,63
6	0,08	120	0,33	1800	0,53	28800	0,66
15	0,13	240	0,39	3600	0,57	86400	0,69
30	0,20	480	0,44	7200	0,60	172800	0,71

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S1 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri **il direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

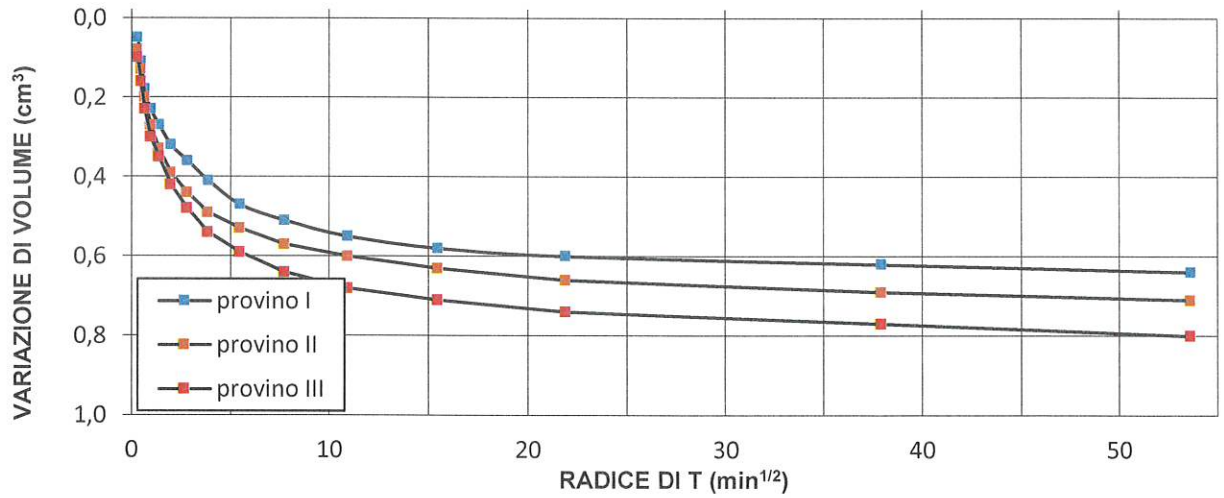
CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

provino 3 — *pressione di confinamento:* 395 kPa
data di esecuzione: 16-17/04/2025 — *contropressione:* 95 kPa

tempo (s)	*Δ V (cm³)*	*tempo (s)*	*Δ V (cm³)*	*tempo (s)*	*Δ V (cm³)*	*tempo (s)*	*Δ V (cm³)*
0	0,00	60	0,30	900	0,54	14400	0,71
6	0,10	120	0,35	1800	0,59	28800	0,74
15	0,16	240	0,42	3600	0,64	86400	0,77
30	0,23	480	0,48	7200	0,68	172800	0,80

CURVE DI CONSOLIDAZIONE



commessa: 030/25 — **settore:** 04 — **id. campione:** S1 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

DATI DI PROVA: FASE DI ROTTURA

provino 1			*velocità di deformazione:*	8,3	µm/s
data di esecuzione:	17/04/2025		*pressione di confinamento:*	195	kPa
altezza iniziale:	75,81	mm	*contropressione:*	95	kPa

dH (mm)	*dH (%)*	*A_c (cm^2)*	*dF (N)*	*$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)*	*dU (kPa)*
0,00	0,00	11,28	0	0,0	0,0
0,14	0,19	11,31	12	5,0	5,5
0,44	0,58	11,35	25	7,8	14,1
0,66	0,88	11,38	52	23,3	22,3
0,80	1,05	11,40	70	31,8	29,7
0,93	1,23	11,42	104	58,5	32,2
1,23	1,63	11,47	146	94,8	32,3
1,39	1,84	11,49	180	125,4	31,5
1,66	2,18	11,54	210	149,4	32,2
1,80	2,38	11,56	239	174,2	32,3
2,01	2,66	11,59	259	191,3	32,3
2,27	2,99	11,63	279	207,2	32,3
2,47	3,25	11,66	298	223,2	32,4
2,66	3,51	11,69	315	237,2	32,5
2,84	3,74	11,72	336	254,5	32,0
3,07	4,05	11,76	352	267,0	32,4
3,25	4,28	11,79	368	279,5	32,9
3,43	4,53	11,82	383	291,7	32,7
3,63	4,79	11,85	397	303,3	32,1
3,78	4,99	11,88	403	306,9	32,3
4,06	5,36	11,92	416	315,7	33,0
4,24	5,59	11,95	423	321,3	33,0
4,50	5,94	12,00	429	325,2	32,2
4,63	6,11	12,02	432	327,0	32,4
4,86	6,41	12,06	434	327,8	32,3
5,08	6,71	12,09	436	328,3	32,4
5,26	6,94	12,13	438	329,6	32,1
5,51	7,27	12,17	440	328,9	32,3
5,72	7,54	12,20	440	328,0	32,2
5,88	7,75	12,23	441	328,1	32,2
6,16	8,13	12,28	441	326,5	32,3
6,36	8,39	12,32	442	325,8	32,9
6,58	8,68	12,36	442	324,5	33,0
6,70	8,84	12,38	443	325,5	32,3
7,04	9,28	12,44	443	324,2	31,8
7,18	9,47	12,46	444	323,3	32,9
7,37	9,72	12,50	444	322,7	32,4
7,58	10,00	12,54	445	322,0	32,9
7,76	10,24	12,57	445	321,1	32,8
7,98	10,52	12,61	445	320,7	32,1
8,24	10,87	12,66	444	318,4	32,2
8,42	11,11	12,69	444	316,8	32,9
8,63	11,39	12,73	443	315,1	32,6
8,90	11,74	12,78	443	314,3	32,1

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
9,03	11,92	12,81	442	312,1	32,7
9,28	12,24	12,86	442	311,6	31,9
9,52	12,56	12,90	441	309,0	32,4
9,66	12,74	12,93	440	307,2	32,7
9,85	12,99	12,97	438	306,1	32,0
10,04	13,24	13,01	437	303,2	33,2
10,32	13,62	13,06	436	301,5	32,6
10,48	13,83	13,09	436	300,6	32,6
10,67	14,07	13,13	435	299,0	32,4
10,87	14,33	13,17	435	297,7	32,7
11,17	14,73	13,23	434	296,0	32,0
11,41	15,04	13,28	433	293,8	32,3

provino 2
data di esecuzione: 17/04/2025
altezza iniziale: 75,79 mm

velocità di deformazione: 8,3 µm/s
pressione di confinamento: 295 kPa
contropressione: 95 kPa

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
0,00	0,00	11,28	0	0,0	0,0
0,13	0,17	11,30	16	10,6	3,8
0,45	0,59	11,35	32	21,7	6,2
0,65	0,86	11,38	52	39,5	6,5
0,77	1,02	11,40	86	66,7	8,8
0,95	1,25	11,43	132	104,1	11,3
1,23	1,63	11,47	172	136,9	13,3
1,41	1,85	11,50	211	168,3	15,7
1,62	2,14	11,53	241	191,1	17,9
1,82	2,40	11,56	269	212,9	20,0
2,02	2,66	11,59	300	236,8	21,8
2,30	3,03	11,64	325	255,5	23,6
2,46	3,25	11,66	362	285,0	25,3
2,65	3,50	11,69	397	311,1	28,2
2,86	3,77	11,73	433	339,1	29,9
3,07	4,05	11,76	459	358,5	31,7
3,27	4,31	11,79	494	385,4	33,3
3,40	4,49	11,81	521	404,6	36,4
3,61	4,77	11,85	549	425,7	38,0
3,80	5,02	11,88	573	442,6	40,1
4,06	5,36	11,92	597	459,3	41,7
4,20	5,54	11,95	620	474,9	44,3
4,52	5,97	12,00	640	487,0	46,2
4,66	6,14	12,02	659	500,0	48,6
4,87	6,42	12,06	682	516,0	49,9
5,09	6,71	12,10	701	527,4	52,1
5,30	6,99	12,13	722	540,7	54,1
5,51	7,27	12,17	741	552,3	56,8
5,74	7,57	12,21	760	564,2	58,1
5,85	7,72	12,23	778	576,2	60,2
6,15	8,12	12,28	794	583,1	63,1
6,36	8,38	12,32	809	597,6	59,1

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
6,57	8,67	12,35	821	606,7	57,6
6,71	8,85	12,38	829	609,4	60,7
7,04	9,28	12,44	834	611,1	59,3
7,18	9,47	12,46	838	614,2	58,3
7,38	9,73	12,50	843	611,2	62,9
7,55	9,96	12,53	846	612,3	62,7
7,78	10,26	12,57	849	613,9	61,5
7,96	10,50	12,61	851	615,0	60,2
8,27	10,91	12,67	853	613,3	60,6
8,40	11,08	12,69	855	612,6	60,8
8,61	11,36	12,73	856	610,7	61,4
8,89	11,73	12,78	855	606,4	62,1
9,03	11,91	12,81	855	605,7	61,5
9,29	12,25	12,86	853	601,3	62,3
9,49	12,51	12,90	853	598,9	62,8
9,70	12,80	12,94	852	596,3	62,5
9,88	13,03	12,97	852	594,7	62,3
10,02	13,22	13,00	851	592,7	62,0
10,28	13,56	13,05	850	589,3	62,0
10,48	13,82	13,09	849	586,0	62,5
10,68	14,09	13,13	848	583,4	62,2
10,88	14,36	13,18	847	580,6	62,3
11,15	14,71	13,23	846	576,8	62,5

provino 3
data di esecuzione: 17/04/2025
altezza iniziale: 75,76 mm

velocità di deformazione: 8,3 µm/s
pressione di confinamento: 395 kPa
contropressione: 95 kPa

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
0,00	0,00	11,28	0	0,0	0,0
0,13	0,17	11,30	24	15,3	5,7
0,44	0,58	11,35	63	48,4	6,8
0,62	0,81	11,38	94	73,8	8,8
0,78	1,02	11,40	134	103,7	13,8
0,94	1,24	11,43	202	160,3	16,5
1,22	1,61	11,47	254	201,3	20,0
1,38	1,82	11,49	310	247,3	22,4
1,65	2,18	11,53	350	273,6	29,8
1,78	2,34	11,55	404	320,1	29,5
2,03	2,68	11,59	455	358,8	33,3
2,29	3,02	11,63	515	406,3	36,5
2,47	3,26	11,66	558	438,3	40,4
2,64	3,48	11,69	592	462,6	43,7
2,87	3,78	11,73	636	495,4	47,1
3,06	4,04	11,76	676	524,6	50,4
3,27	4,31	11,79	712	551,0	52,6
3,43	4,52	11,82	742	571,3	56,5
3,62	4,77	11,85	771	590,7	60,1
3,80	5,01	11,88	798	609,6	62,3
4,05	5,35	11,92	823	624,5	65,9

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

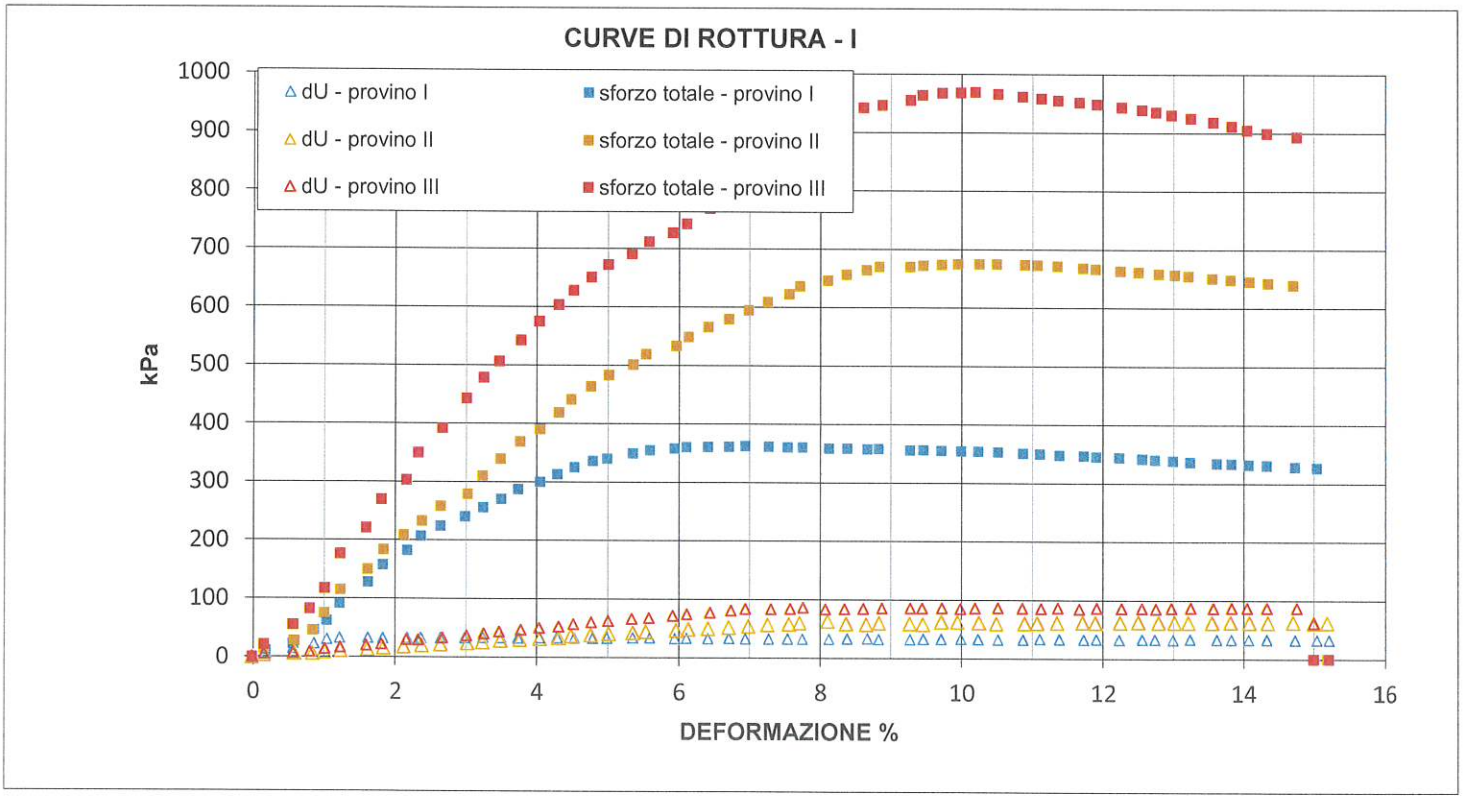
CGG s.r.l.

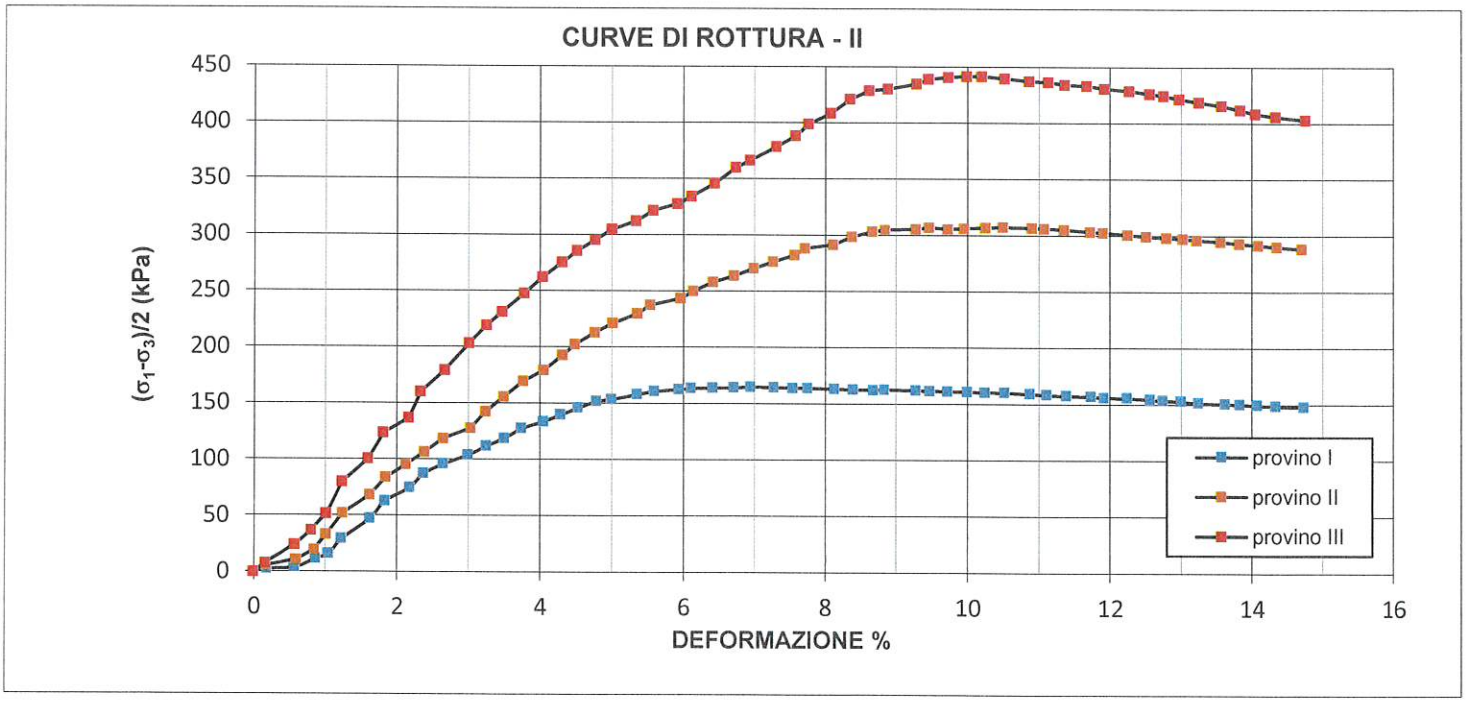
Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
4,23	5,58	11,95	850	643,4	67,8
4,49	5,92	11,99	872	655,3	71,4
4,64	6,12	12,02	892	668,0	74,2
4,89	6,44	12,06	927	691,4	76,9
5,11	6,74	12,10	969	720,0	80,7
5,26	6,94	12,13	989	732,5	83,3
5,54	7,31	12,17	1024	757,3	83,7
5,75	7,59	12,21	1051	776,3	84,3
5,89	7,77	12,23	1081	797,5	86,1
6,13	8,08	12,28	1106	817,2	83,7
6,34	8,36	12,31	1140	841,9	84,3
6,54	8,62	12,35	1163	857,4	84,5
6,74	8,89	12,38	1172	860,4	85,8
7,04	9,29	12,44	1188	869,3	85,7
7,17	9,46	12,46	1201	878,1	85,6
7,38	9,73	12,50	1210	881,4	86,2
7,58	9,99	12,54	1214	883,3	85,0
7,73	10,20	12,57	1218	883,1	86,4
7,98	10,52	12,61	1218	879,2	86,8
8,24	10,87	12,66	1217	874,9	86,5
8,44	11,14	12,70	1217	873,0	85,6
8,62	11,37	12,73	1216	868,6	86,6
8,85	11,68	12,78	1216	866,8	85,1
9,04	11,93	12,81	1215	861,5	86,9
9,31	12,27	12,86	1214	857,5	86,2
9,52	12,56	12,90	1212	852,7	86,4
9,67	12,76	12,93	1210	849,3	86,0
9,84	12,98	12,97	1206	843,6	86,8
10,05	13,25	13,01	1203	837,4	87,5
10,29	13,57	13,06	1199	831,2	87,0
10,49	13,84	13,10	1193	823,8	87,5
10,65	14,05	13,13	1188	817,3	87,6
10,87	14,34	13,17	1185	812,2	87,2
11,19	14,76	13,24	1183	806,2	87,2

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

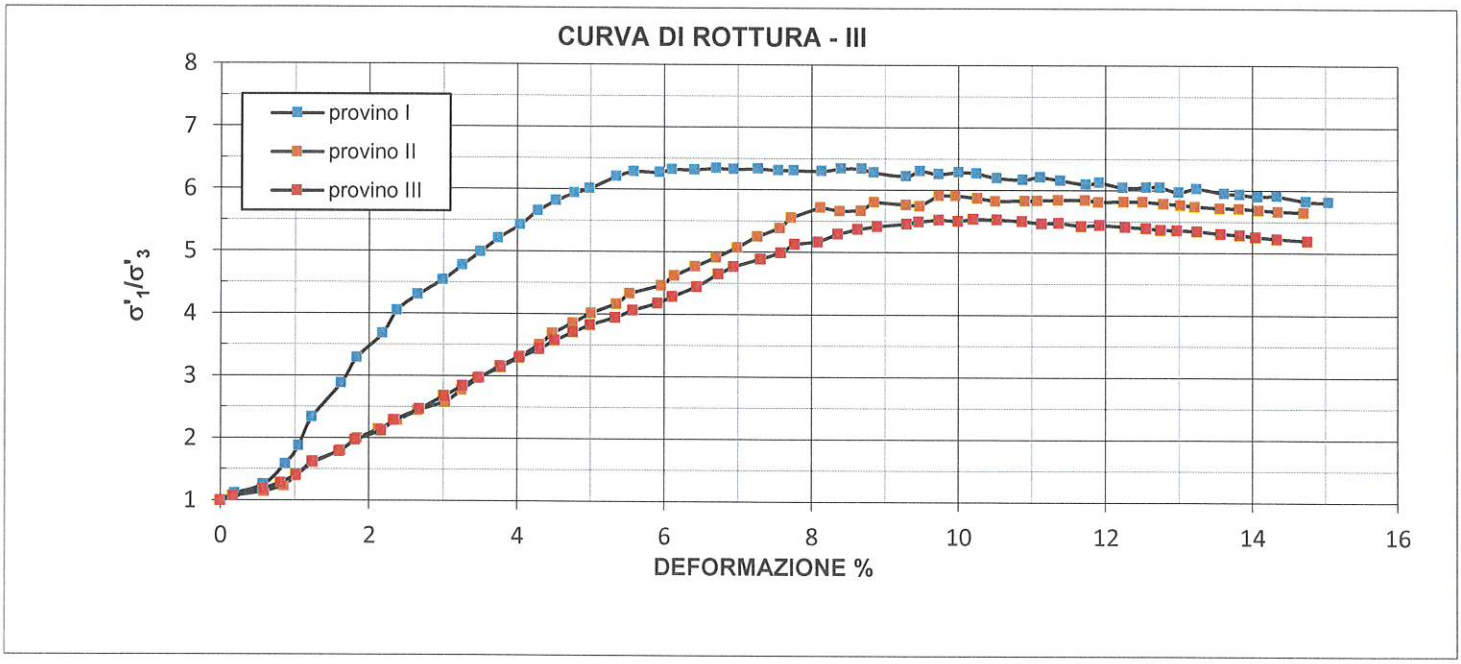




commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

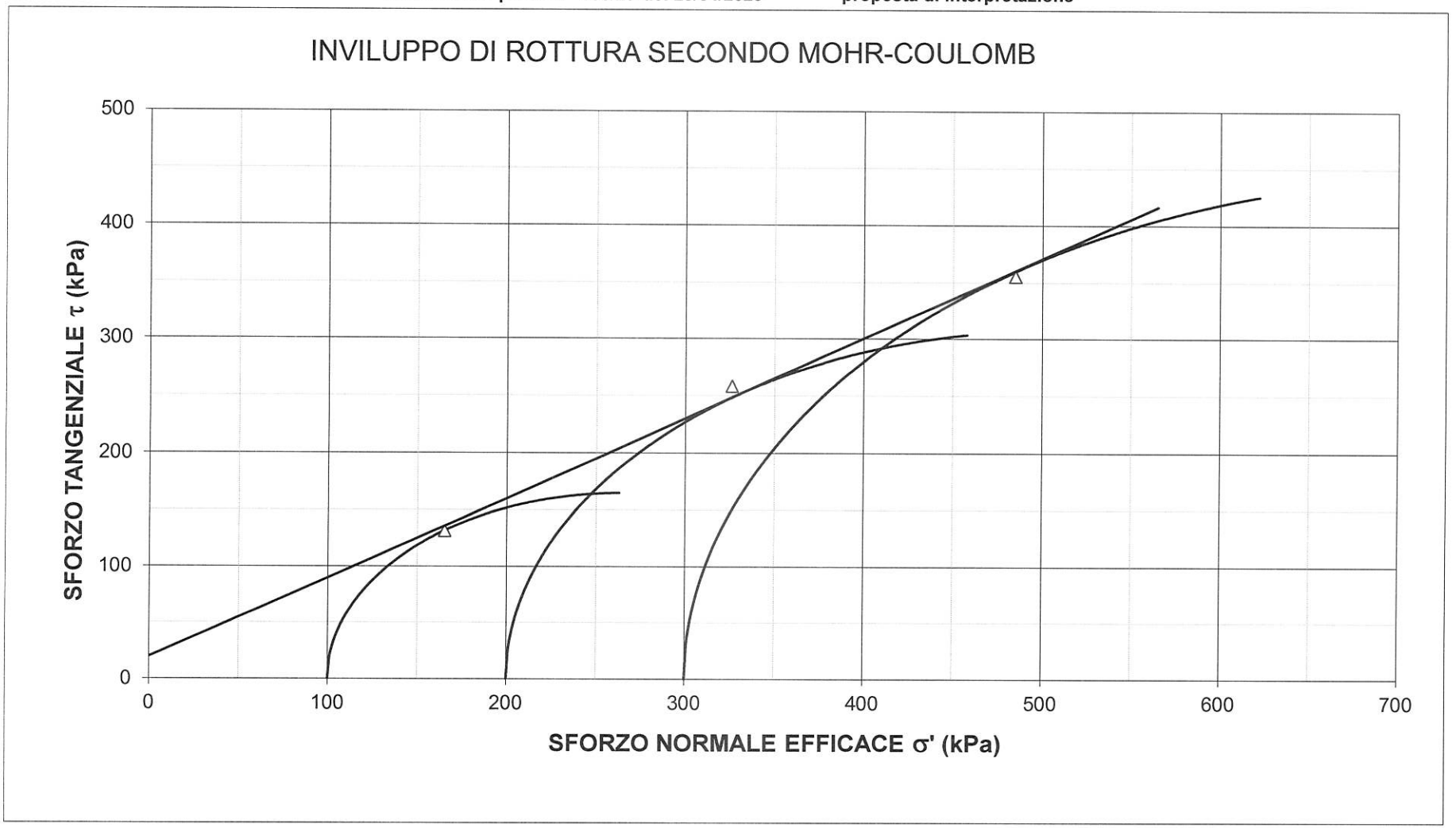
CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

certificato di prova n° 503/25 del 23/04/2025 proposta di interpretazione



commessa: 030/25 **sondaggio:** S1 **campione:** CI1

provino	1	2	3
X	165,2	326,0	485,0
Y	130,5	258,0	355,0

c' (kPa) = 19,3
ϕ' (° sessadecimali) = 35,1

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
LOCALITÀ: Vignate (MI)
Data ricevimento campione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ: 1,00-1,60
Data esecuzione prove: 14/04-30/04/2025

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (ASTM D2435)

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

sezione	2,01	cm^2	*indice dei vuoti iniziale*	-0,863	
altezza iniziale	20,00	mm	*altezza ridotta*	146,089	mm
massa iniziale	86,85	g	*altezza finale*	18,46	mm
umidità iniziale	13,63	%	*umidità finale*	13,95	%
peso specifico dei granuli	2,72	Mg/m^3	*massa secca finale*	79,87	g

DATI DI PROVA

data inizio	*carico (kPa)*	*altezza (mm)*	*dH (mm)*	*indice vuoti*	*dH/H_0 (%)*	*m_v (kPa^{-1})*	*E_{ed} (kPa)*
14/04/2025	5	20,000	0,000	-0,863	0,000		
15/04/2025	12	19,910	0,090	-0,864	0,450	6,338E-04	1,578E+03
16/04/2025	25	19,800	0,200	-0,864	1,000	4,508E-04	2,218E+03
17/04/2025	49	19,690	0,310	-0,865	1,550	2,245E-04	4,455E+03
18/04/2025	98	19,520	0,480	-0,866	2,400	1,735E-04	5,765E+03
19/04/2025	196	19,330	0,670	-0,868	3,350	9,694E-05	1,032E+04
data inizio	*carico (kPa)*	*altezza (mm)*	*dH (mm)*	*indice vuoti*	*dH/H_0 (%)*	*c_s (kPa^{-1})*	*SR (kPa^{-1})*
20/04/2025	98	19,350	0,650	-0,868	3,250	4,548E-04	0,332
21/04/2025	49	19,370	0,630	-0,867	3,150	4,548E-04	0,332
data inizio	*carico (kPa)*	*altezza (mm)*	*dH (mm)*	*indice vuoti*	*dH/H_0 (%)*	*m_v (kPa^{-1})*	*E_{ed} (kPa)*
22/04/2025	98	19,355	0,645	-0,868	3,225	1,531E-05	6,533E+04
23/04/2025	196	19,320	0,680	-0,868	3,400	1,786E-05	5,600E+04
24/04/2025	392	19,070	0,930	-0,869	4,650	6,378E-05	1,568E+04
25/04/2025	784	18,795	1,205	-0,871	6,025	3,508E-05	2,851E+04
26/04/2025	1569	18,470	1,530	-0,874	7,650	2,070E-05	4,831E+04
27/04/2025	3138	18,145	1,855	-0,876	9,275	1,036E-05	9,655E+04
data inizio	*carico (kPa)*	*altezza (mm)*	*dH (mm)*	*indice vuoti*	*dH/H_0 (%)*	*c_s (kPa^{-1})*	*SR (kPa^{-1})*
28/04/2025	784	18,250	1,750	-0,875	8,750	1,193E-03	0,872
29/04/2025	196	18,355	1,645	-0,874	8,225	1,194E-03	0,872
30/04/2025	49	18,460	1,540	-0,874	7,700	1,194E-03	0,872

Commessa: 030/25
ID Campione: S1 CI1
Io sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
Il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA: ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

gradino IX (98-196 kPa)		*gradino X (196-392 kPa)*	
tempo (s)	*dH (mm)*	*tempo (s)*	*dH (mm)*
0	0,645	0	0,680
6	0,658	6	0,817
15	0,660	15	0,824
30	0,661	30	0,832
60	0,662	60	0,840
120	0,664	120	0,851
240	0,667	240	0,865
480	0,670	480	0,878
900	0,672	900	0,891
1800	0,674	1800	0,902
3600	0,676	3600	0,909
7200	0,677	7200	0,916
14400	0,678	14400	0,922
28800	0,679	28800	0,926
86400	0,680	86400	0,930

gradino XI (392-785 kPa)	
tempo (s)	*dH (mm)*
0	0,930
6	1,040
15	1,051
30	1,072
60	1,083
120	1,096
240	1,116
480	1,133
900	1,146
1800	1,159
3600	1,171
7200	1,181
14400	1,189
28800	1,196
86400	1,205

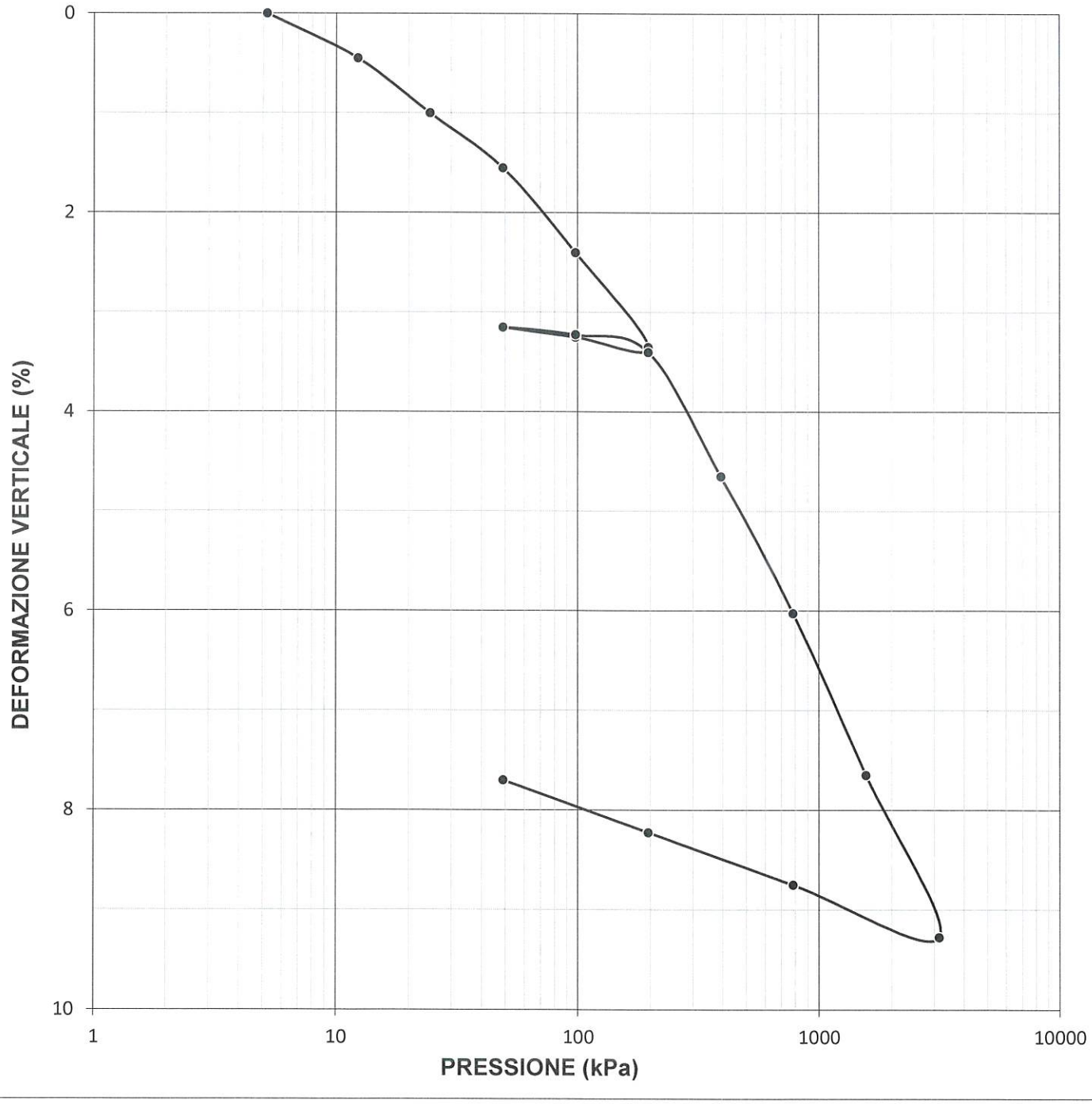
Commessa: 030/25

ID Campione: S1 CI1

Io sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

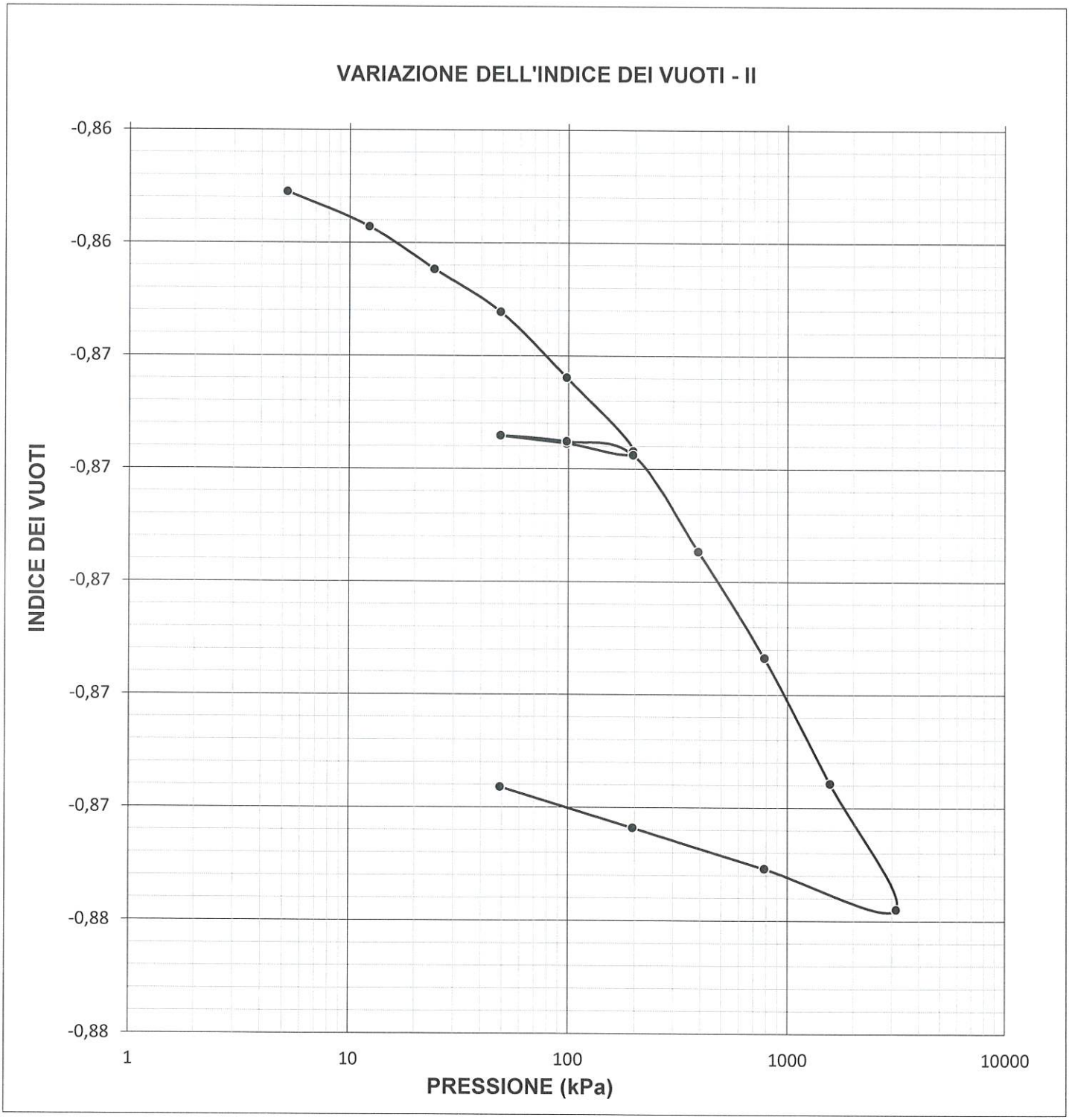
Il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

CURVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA - I



Commessa:	ID Campione:	lo sperimentatore:	il Direttore del Laboratorio:
030/25	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

VARIAZIONE DELL'INDICE DEI VUOTI - II

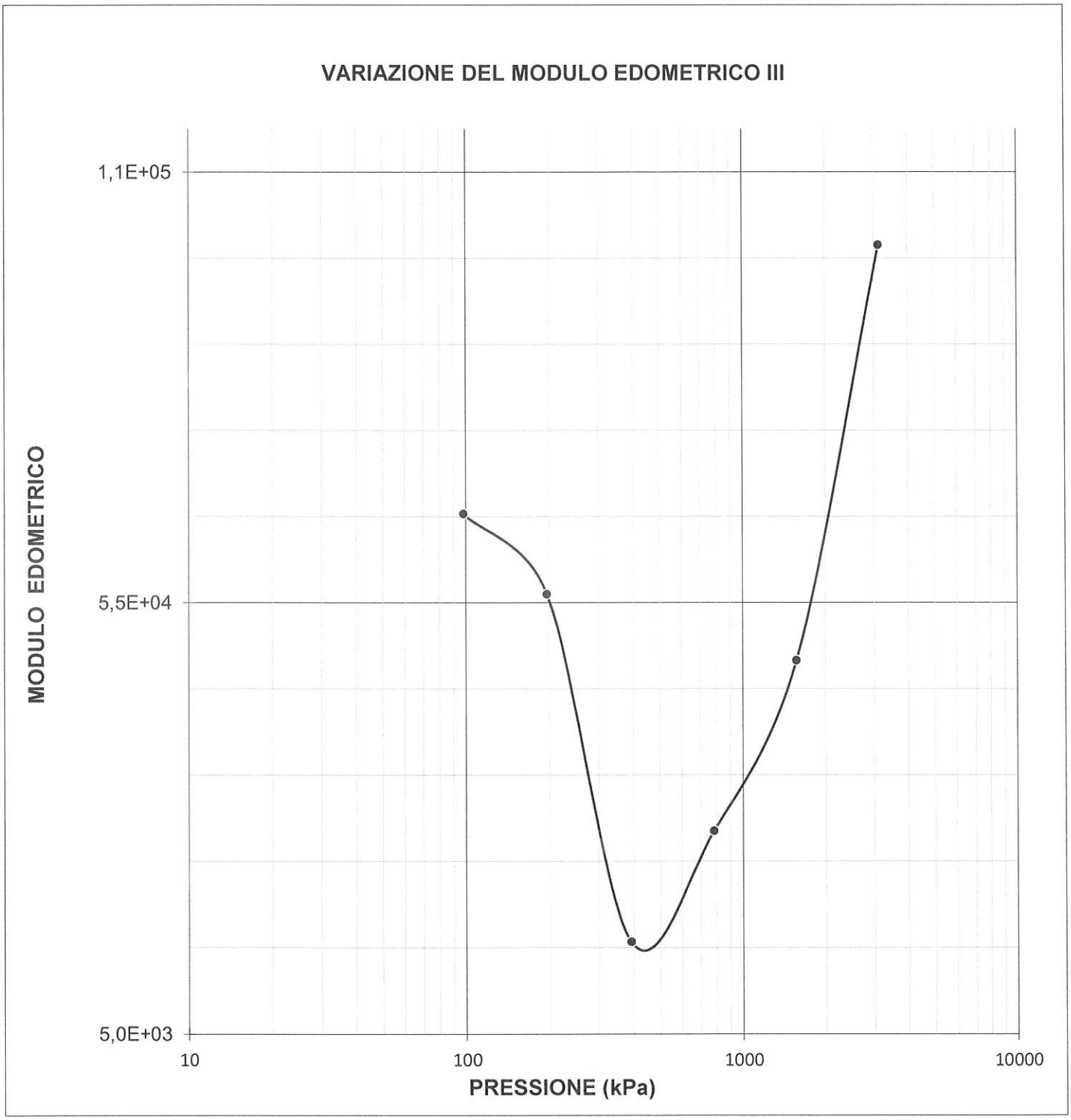


Commessa: 030/25

Verbale di accettazione: S1 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli



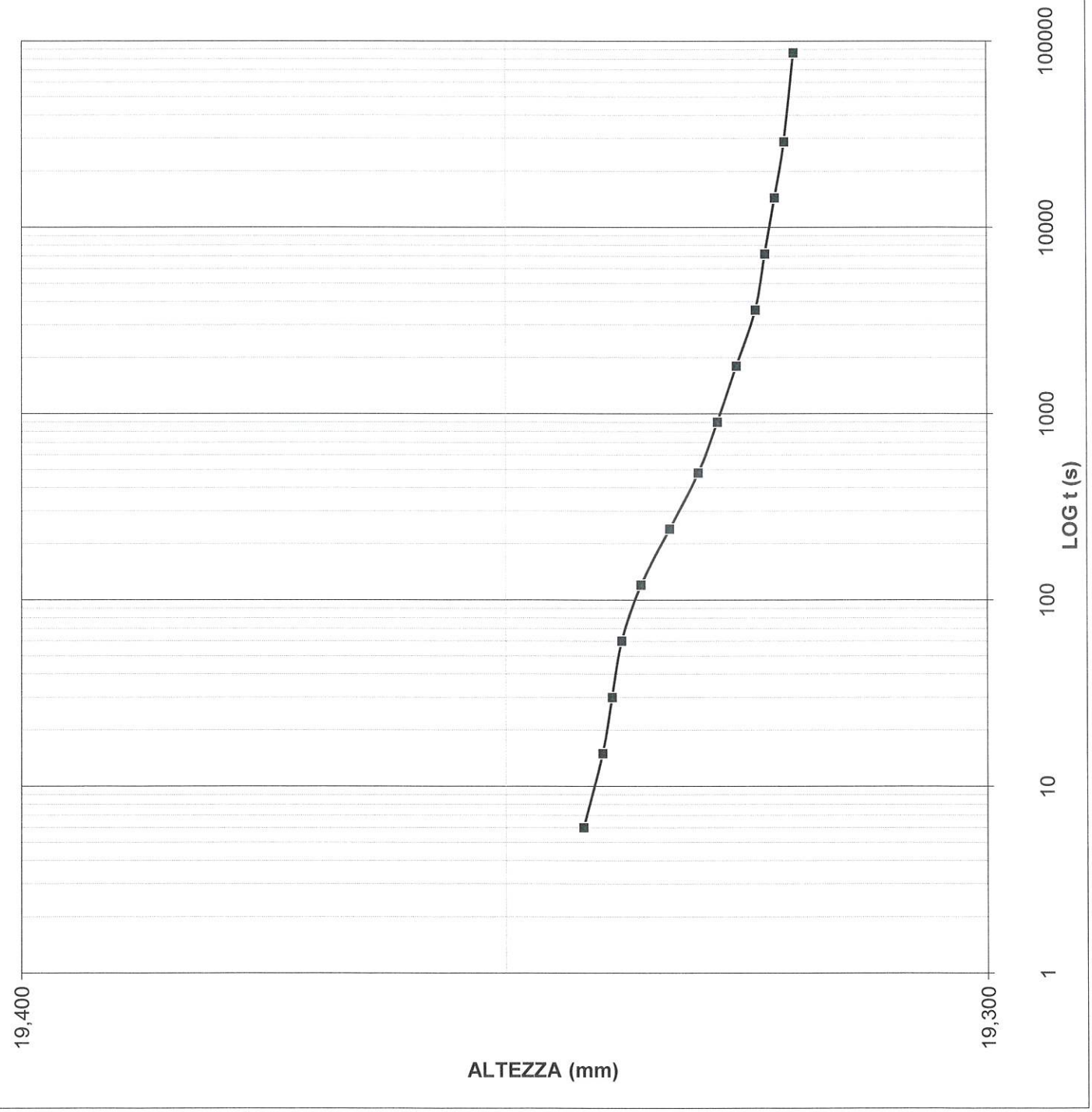
Commessa: 030/25

ID Campione: S1 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

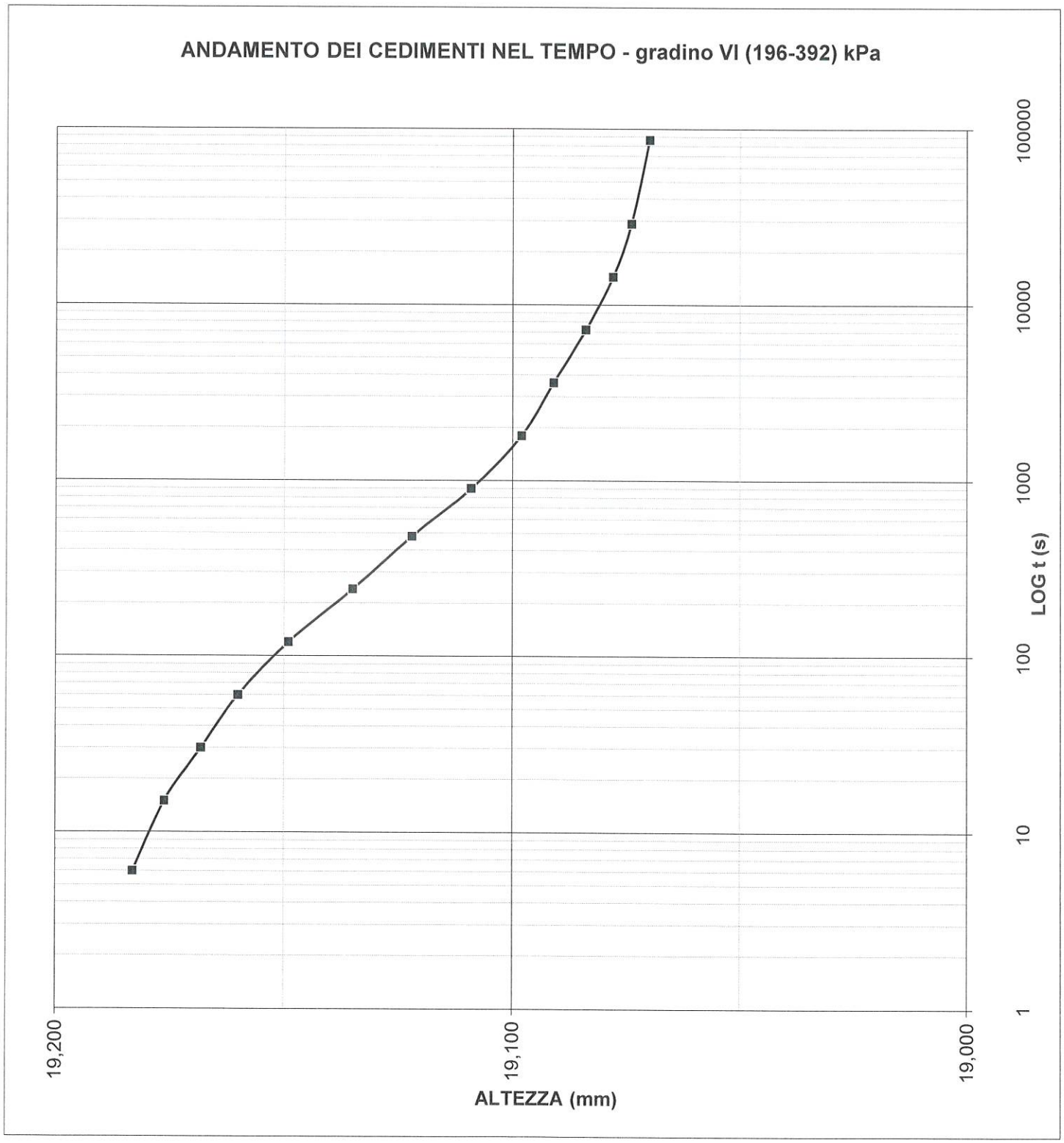
il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino V (98-196 kPa)



Commessa:	ID Campione:	lo sperimentatore:	il Direttore del Laboratorio:
030/25	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino VI (196-392) kPa



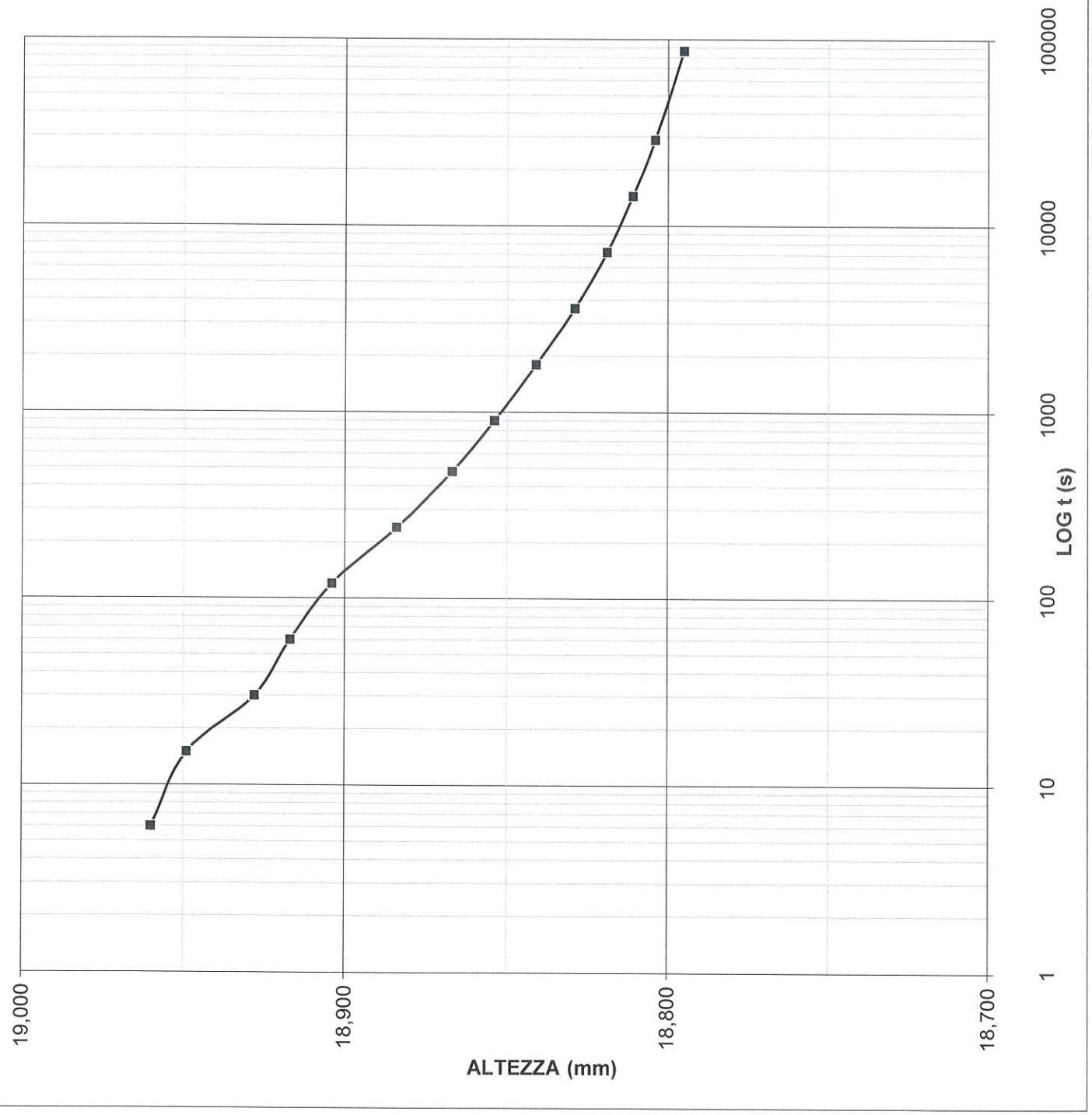
Commessa: 030/25

ID Campione: S1 CI1

Io sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino VII (392-784) kPa



Commessa: 030/25

ID Campione: S1 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B

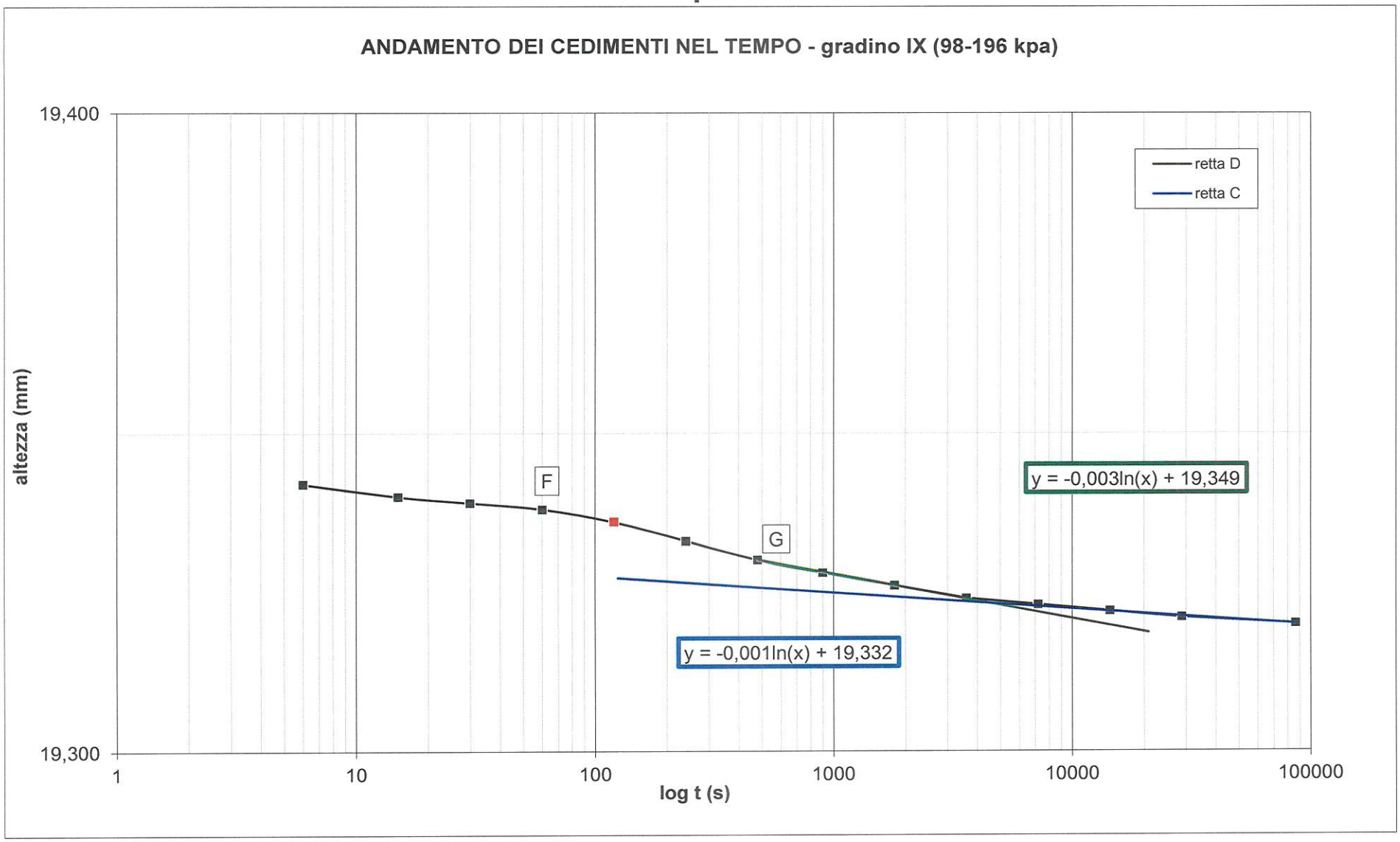
SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: CI1

cedimento a inizio di prova		0,645	mm	gradino IX (98-196 kPa)
altezza iniziale	h_0 =	1,935	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	h_{100} =	1,932	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	h_{50} =	1,933	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	t_{50} =	104	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	t_{100} =	4530	s	
coefficiente di consolidazione	**C_v =**	**1,77E-03**	cm^2/s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	**m_v =**	**1,79E-05**	kPa^{-1}	
coefficiente di permeabilità verticale	**K_v =**	**3,16E-09**	cm/s	

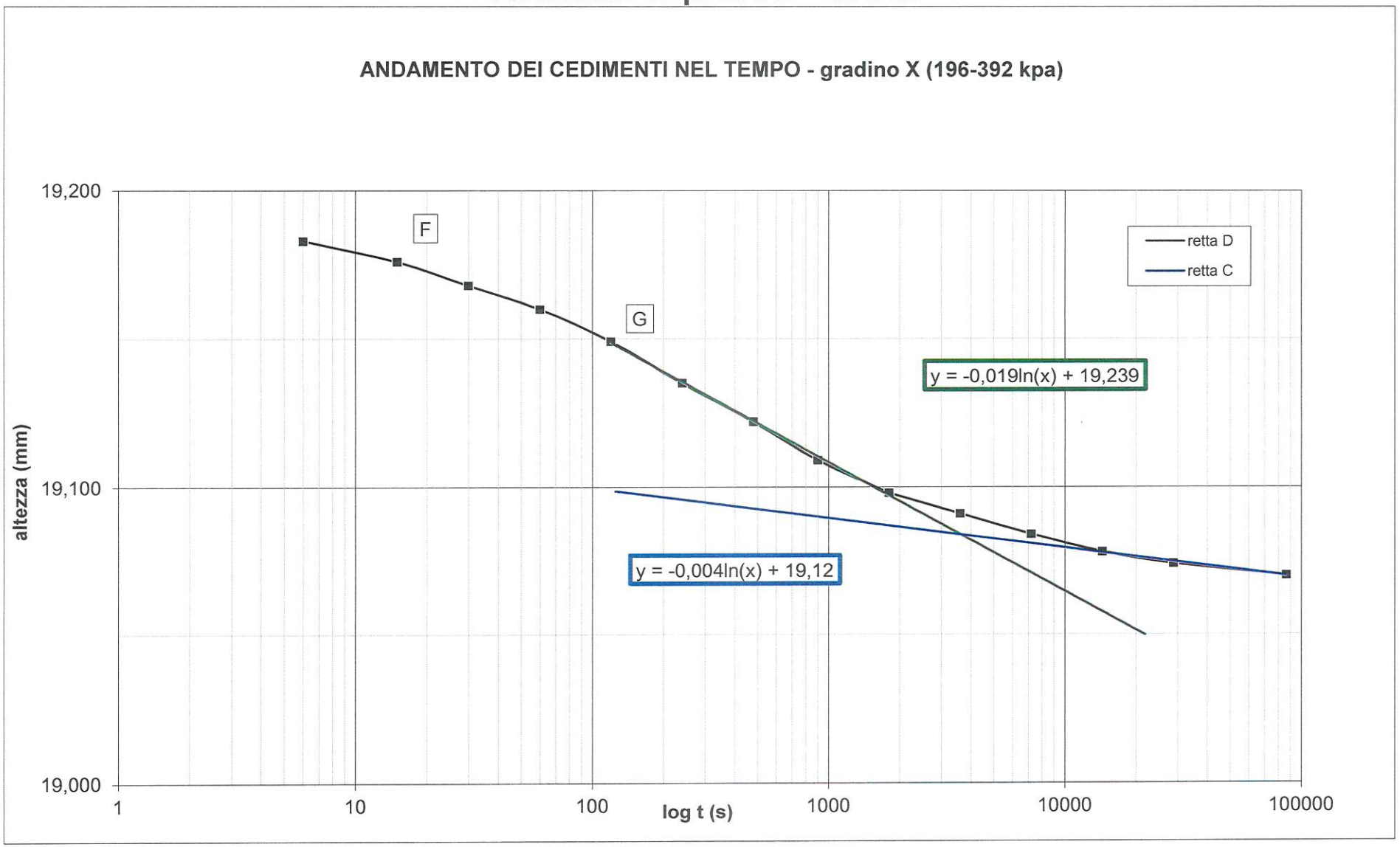
cedimento a inizio di prova		0,680	mm	gradino X (196-392 kPa)
altezza iniziale	h_0 =	1,920	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	h_{100} =	1,908	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	h_{50} =	1,914	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	t_{50} =	157	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	t_{100} =	3628	s	
coefficiente di consolidazione	**C_v =**	**1,15E-03**	cm^2/s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	**m_v =**	**6,38E-05**	kPa^{-1}	
coefficiente di permeabilità verticale	**K_v =**	**7,33E-09**	cm/s	

cedimento a inizio di prova		0,930	mm	gradino XI (392-785 kPa)
altezza iniziale	h_0 =	1,899	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	h_{100} =	1,883	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	h_{50} =	1,891	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	t_{50} =	90	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	t_{100} =	2665	s	
coefficiente di consolidazione	**C_v =**	**1,95E-03**	cm^2/s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	**m_v =**	**3,51E-05**	kPa^{-1}	
coefficiente di permeabilità verticale	**K_v =**	**6,83E-09**	cm/s	

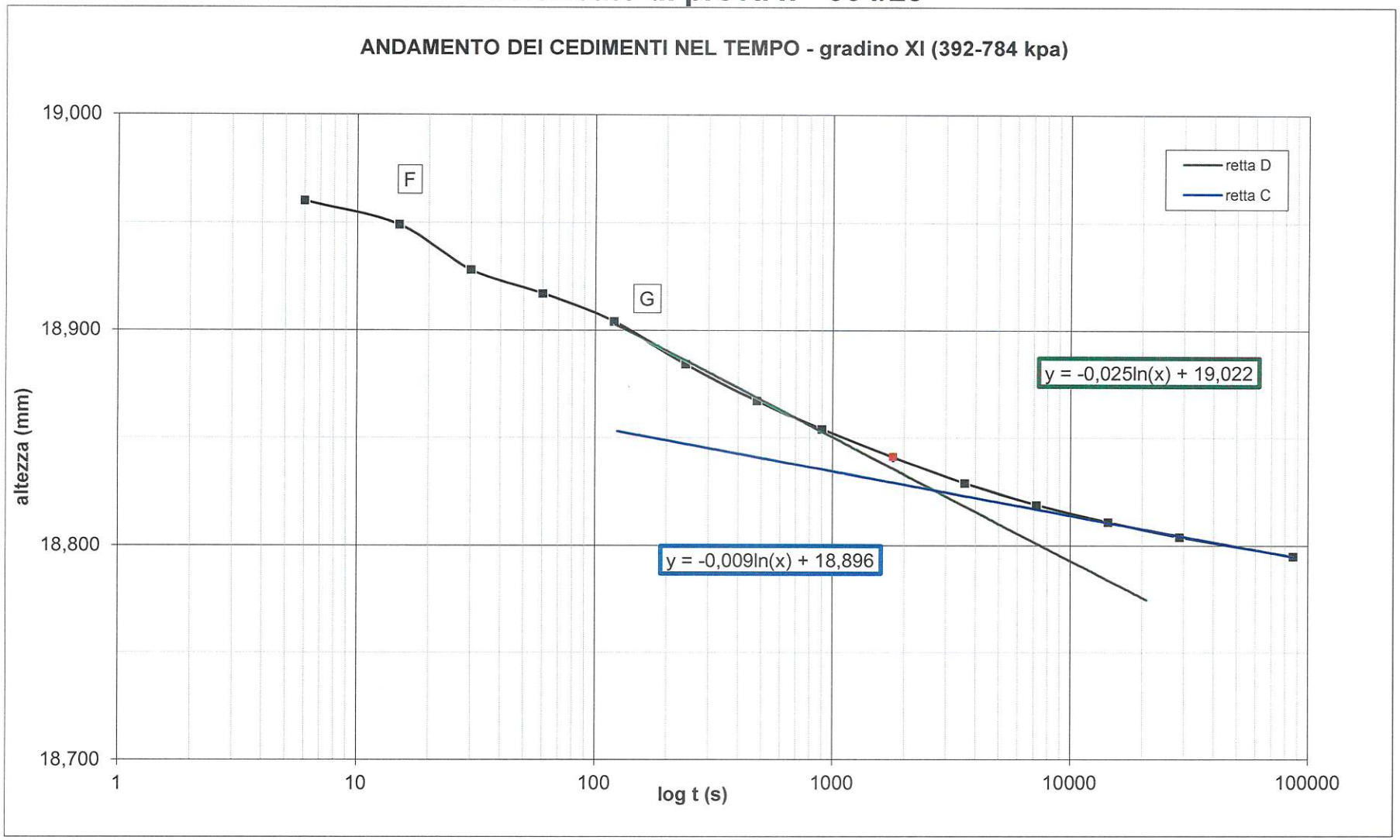
certificato di prova n° 504/25



certificato di prova n° 504/25



certificato di prova n° 504/25



C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 1
PROFONDITÀ (m): 2,00-3,00
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S1 C.R.1 | **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri | **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 1
PROFONDITÀ (m): 2,00-3,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro			
volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S1 C.R.1**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 1
PROFONDITÀ (m): 2,00-3,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 630,33

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	630,33	100,00
38,1	0,00	630,33	100,00
25,4	115,02	515,31	81,75
19,05	187,71	442,62	70,22
12,7	244,95	385,38	61,14
9,5	289,10	341,23	54,14
4,75	358,02	272,31	43,20
2	399,89	230,44	36,56
1	422,76	207,57	32,93
0,425	442,91	187,42	29,73
0,25	476,99	153,34	24,33
0,125	498,04	132,29	20,99
0,075	516,66	113,67	18,03

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0
densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

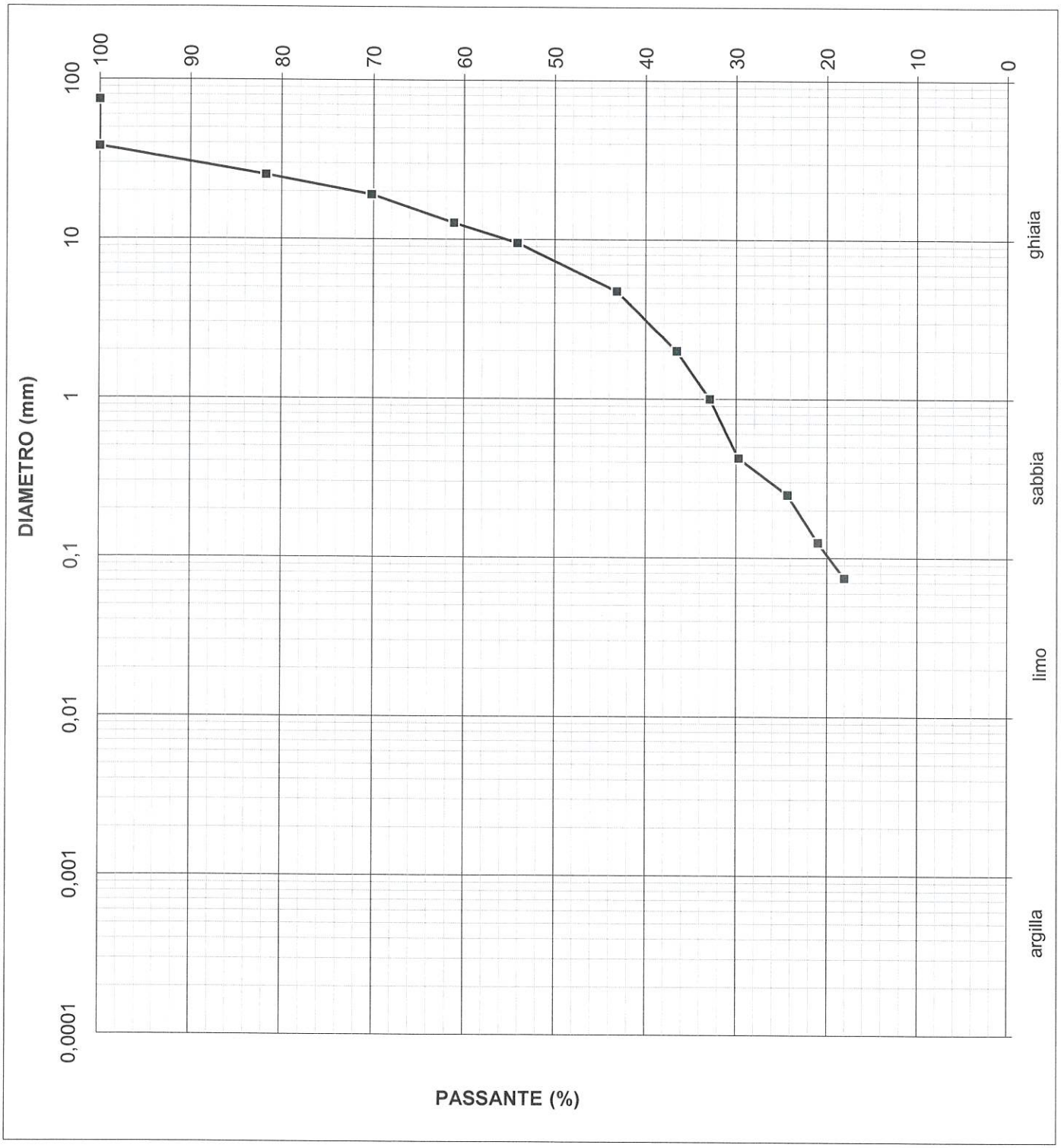
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	56,8
% sabbia	25,2
% limo	18,0
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S1 C.R.1 | **lo sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri | **il direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 2
PROFONDITÀ (m): 4,00-5,00
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo di ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S1 C.R.2 | **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri | **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 2
PROFONDITÀ (m): 4,00-5,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 2
PROFONDITÀ (m): 4,00-5,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 743,48

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	743,48	100,00
38,1	0,00	743,48	100,00
25,4	73,99	669,49	90,05
19,05	129,03	614,45	82,65
12,7	229,74	513,74	69,10
9,5	262,64	480,84	64,67
4,75	335,61	407,87	54,86
2	386,81	356,67	47,97
1	421,99	321,49	43,24
0,425	484,79	258,69	34,79
0,25	546,15	197,33	26,54
0,125	583,65	159,83	21,50
0,075	605,75	137,73	18,53

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0
densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

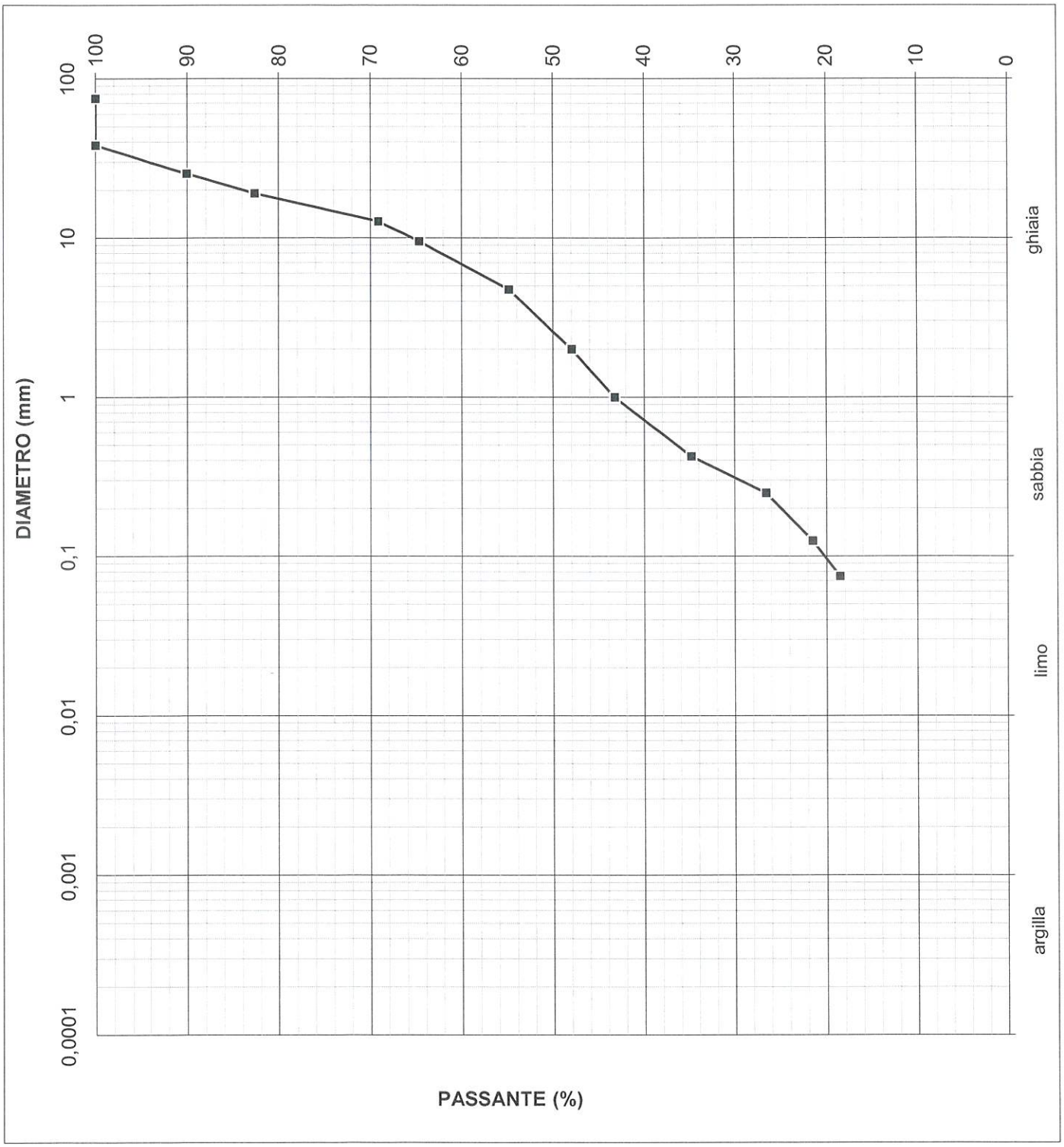
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	45,1
% sabbia	36,3
% limo	18,5
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S1 C.R.2 | **lo sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri | **il direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 3
PROFONDITÀ (m): 6,00-7,00
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S1 C.R.3 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.3	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 3
PROFONDITÀ (m): 6,00-7,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.3	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 3
PROFONDITÀ (m): 6,00-7,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 748,68

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	748,68	100,00
38,1	0,00	748,68	100,00
25,4	127,95	620,73	82,91
19,05	219,42	529,26	70,69
12,7	259,08	489,60	65,40
9,5	306,65	442,03	59,04
4,75	381,43	367,25	49,05
2	440,61	308,07	41,15
1	488,19	260,49	34,79
0,425	566,54	182,14	24,33
0,25	612,10	136,58	18,24
0,125	633,74	114,94	15,35
0,075	650,93	97,75	13,06

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.3	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

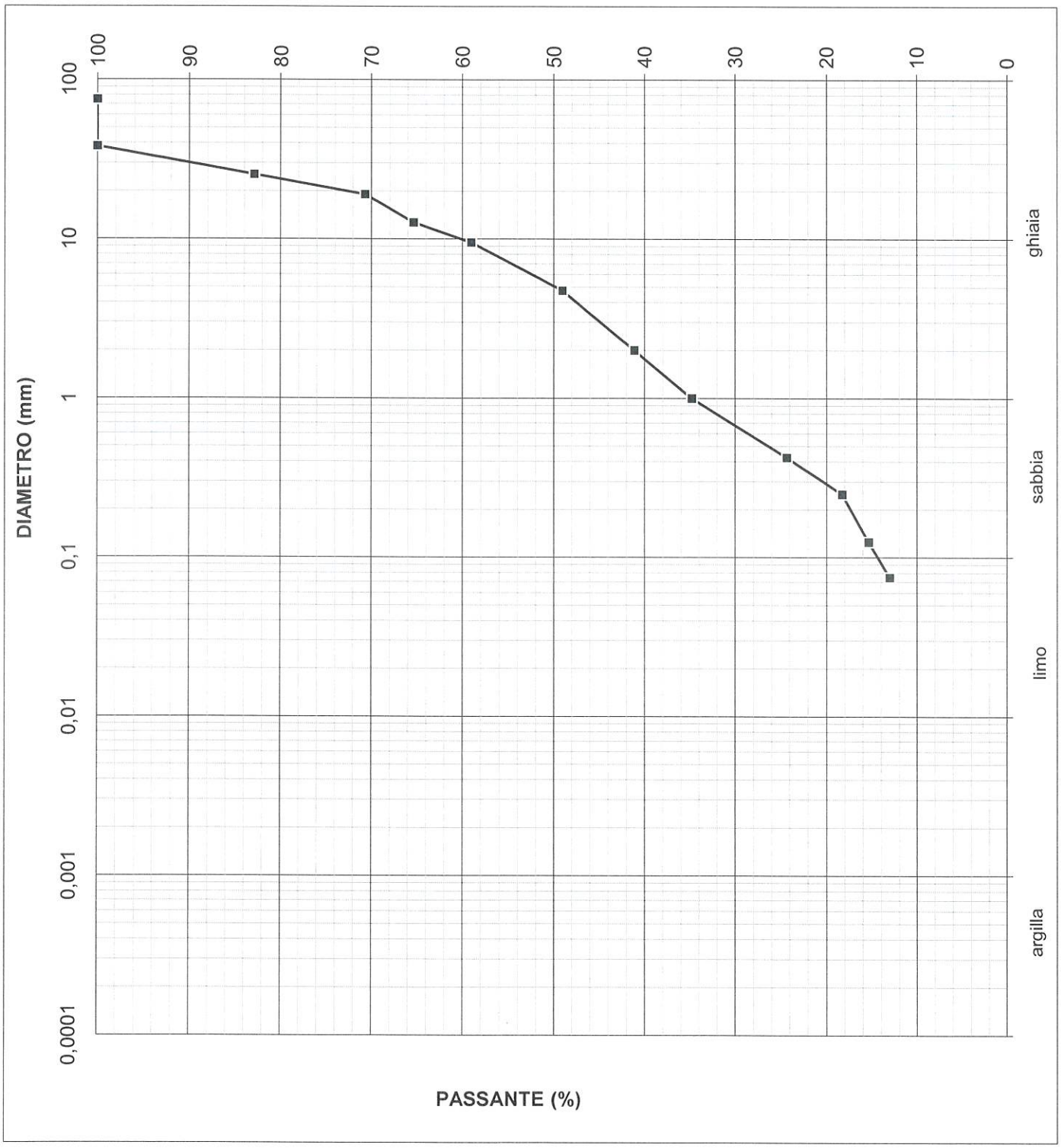
composizione granulometrica	
% ghiaia	50,9
% sabbia	36,0
% limo	13,1
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S1 C.R.3

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.3	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 4
PROFONDITÀ (m): 8,00-9,00
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S1 C.R.4 | **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri | **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 4
PROFONDITÀ (m): 8,00-9,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**WI**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 4
PROFONDITÀ (m): 8,00-9,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 894,98

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	894,98	100,00
38,1	172,33	722,65	80,74
25,4	293,71	601,27	67,18
19,05	293,71	601,27	67,18
12,7	358,07	536,91	59,99
9,5	411,93	483,05	53,97
4,75	481,13	413,85	46,24
2	542,79	352,19	39,35
1	573,13	321,85	35,96
0,425	670,51	224,47	25,08
0,25	729,84	165,14	18,45
0,125	758,26	136,72	15,28
0,075	776,00	118,98	13,29

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0
densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

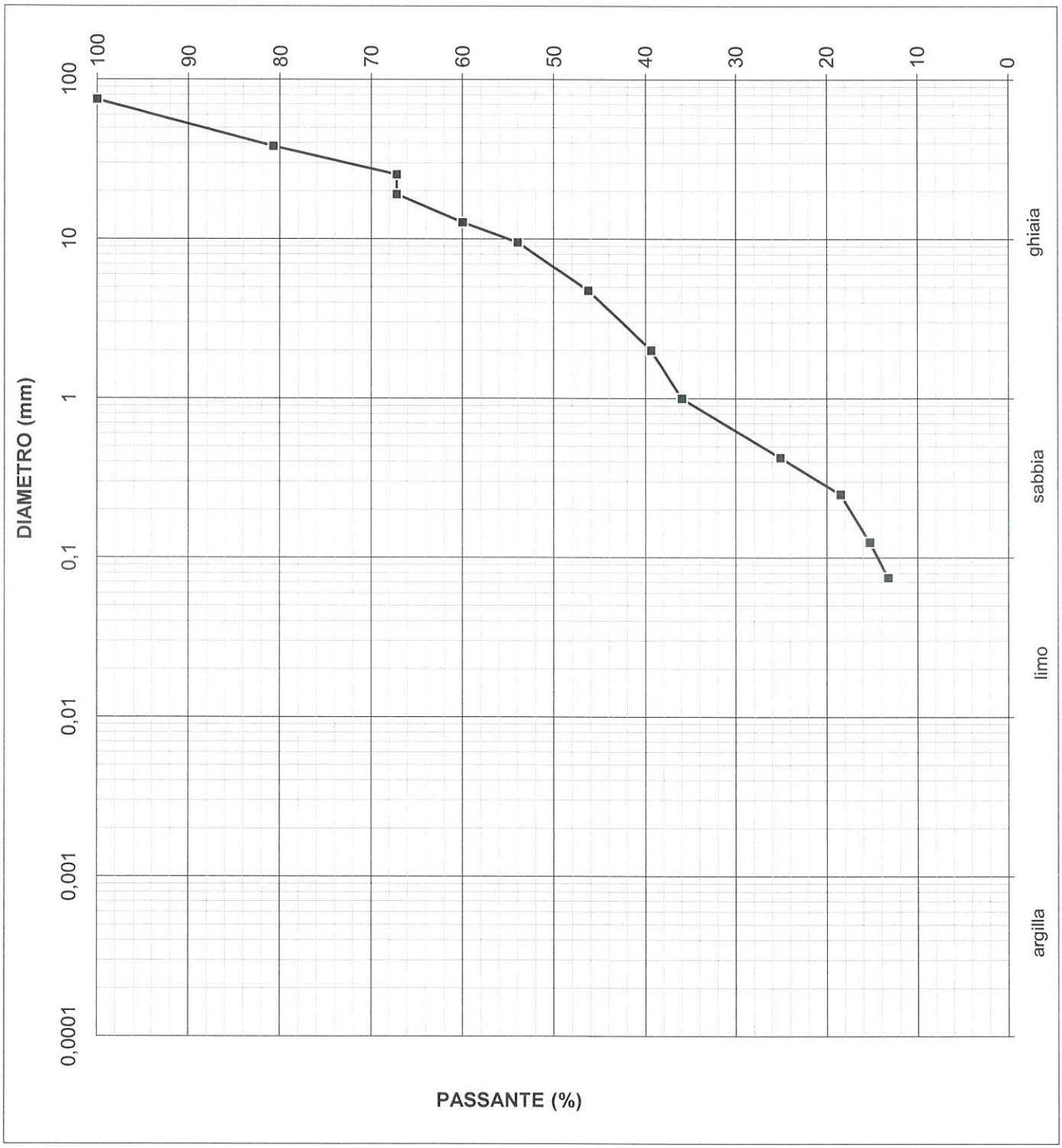
tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*
C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	53,8
% sabbia	32,9
% limo	13,3
% argilla	

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S1 C.R.4
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 5
PROFONDITÀ (m): 10,00-11,00
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S1 C.R.5

Sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.5	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 5
PROFONDITÀ (m): 10,00-11,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 09/04/2025

massa terreno setacciato (g): 780,46

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	780,46	100,00
38,1	0,00	780,46	100,00
25,4	165,24	615,22	78,83
19,05	269,02	511,44	65,53
12,7	293,20	487,26	62,43
9,5	345,97	434,49	55,67
4,75	412,11	368,35	47,20
2	479,59	300,87	38,55
1	525,65	254,81	32,65
0,425	594,54	185,92	23,82
0,25	645,39	135,07	17,31
0,125	674,63	105,83	13,56
0,075	692,72	87,74	11,24

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.5	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 09/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

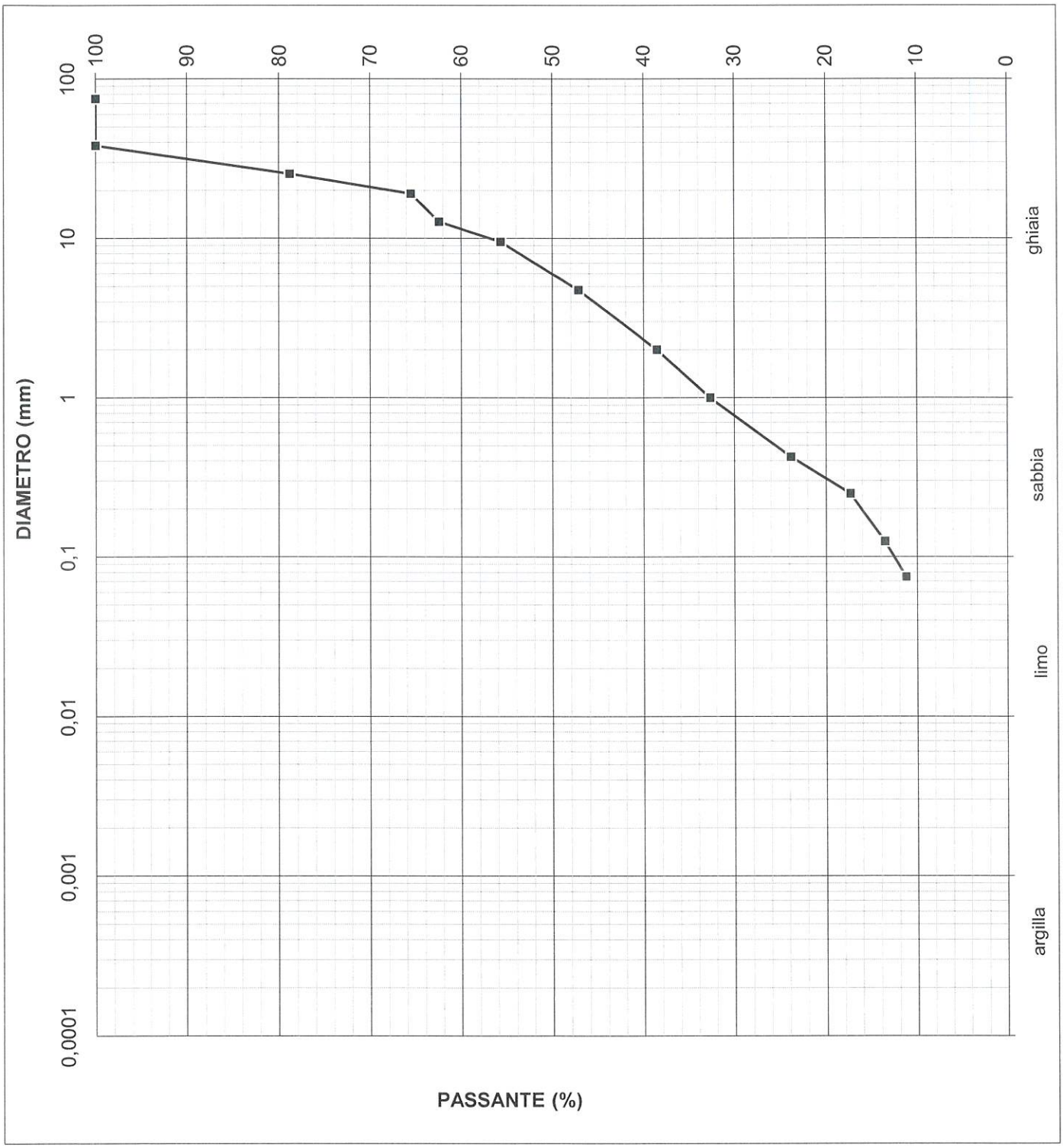
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	52,8
% sabbia	36,0
% limo	11,2
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S1 C.R.5 | **lo sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri | **il direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.5	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 5
PROFONDITÀ (m): 10,00-11,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 09/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro			
volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**WI**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S1 C.R.5**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 6
PROFONDITÀ (m): 14,00-15,00
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S1 C.R.6
Sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 6
PROFONDITÀ (m): 14,00-15,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 772,98

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	772,98	100,00
38,1	150,11	622,87	80,58
25,4	236,93	536,05	69,35
19,05	298,06	474,92	61,44
12,7	377,81	395,17	51,12
9,5	426,61	346,37	44,81
4,75	503,58	269,40	34,85
2	549,65	223,33	28,89
1	576,09	196,89	25,47
0,425	624,81	148,17	19,17
0,25	657,77	115,21	14,90
0,125	676,02	96,96	12,54
0,075	688,18	84,80	10,97

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

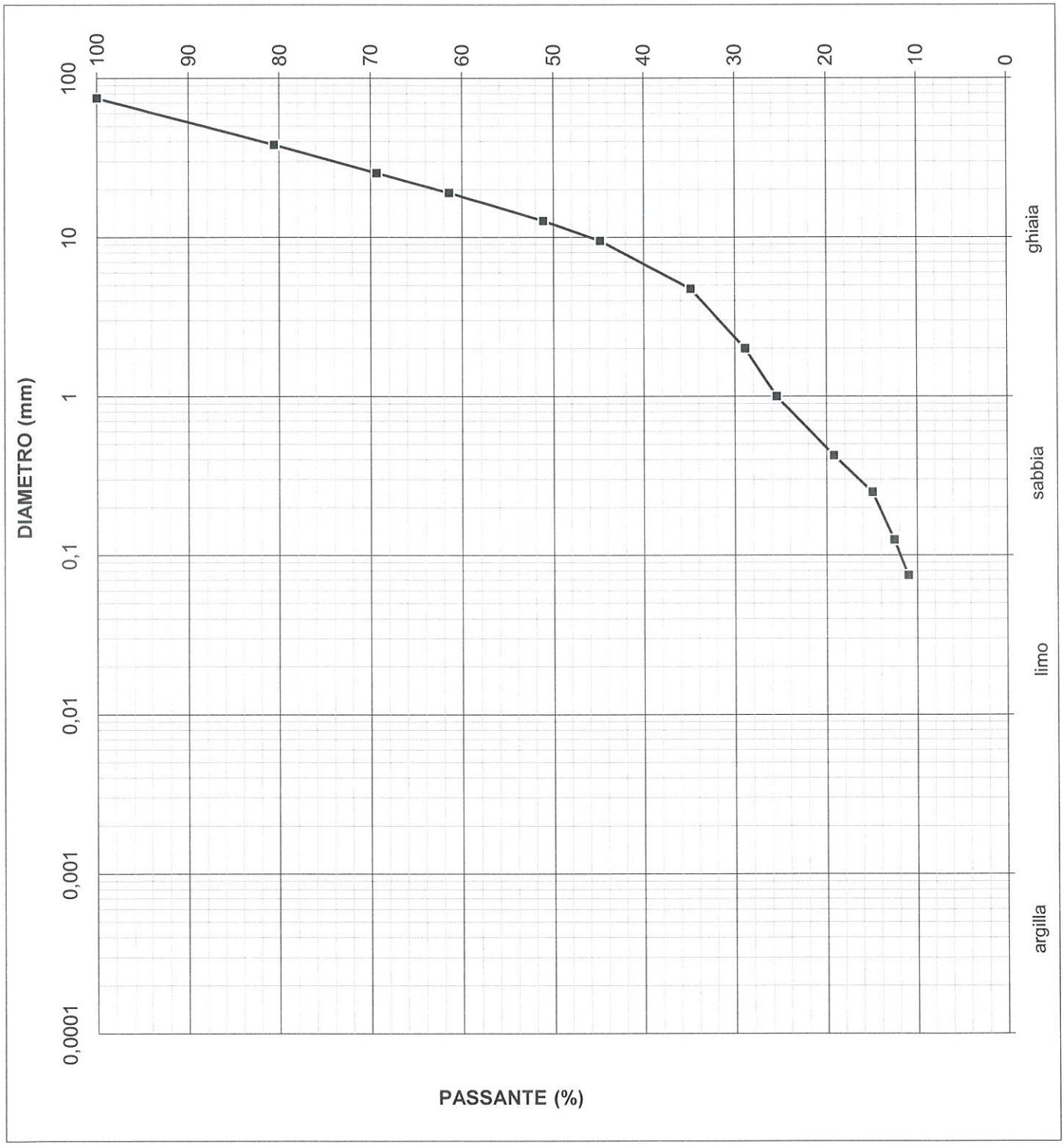
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	65,1
% sabbia	23,9
% limo	11,0
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S1 C.R.6 | **lo sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri | **il direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 6
PROFONDITÀ (m): 14,00-15,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 7
PROFONDITÀ (m): 16,00-17,00
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.7	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.7	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 7
PROFONDITÀ (m): 16,00-17,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 1348,29

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	1348,29	100,00
38,1	144,69	1203,60	89,27
25,4	268,74	1079,55	80,07
19,05	349,99	998,30	74,04
12,7	473,62	874,67	64,87
9,5	584,64	763,65	56,64
4,75	716,64	631,65	46,85
2	857,89	490,40	36,37
1	941,31	406,98	30,18
0,425	1010,90	337,39	25,02
0,25	1086,82	261,47	19,39
0,125	1173,75	174,54	12,95
0,075	1203,10	145,19	10,77

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.7	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0
densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

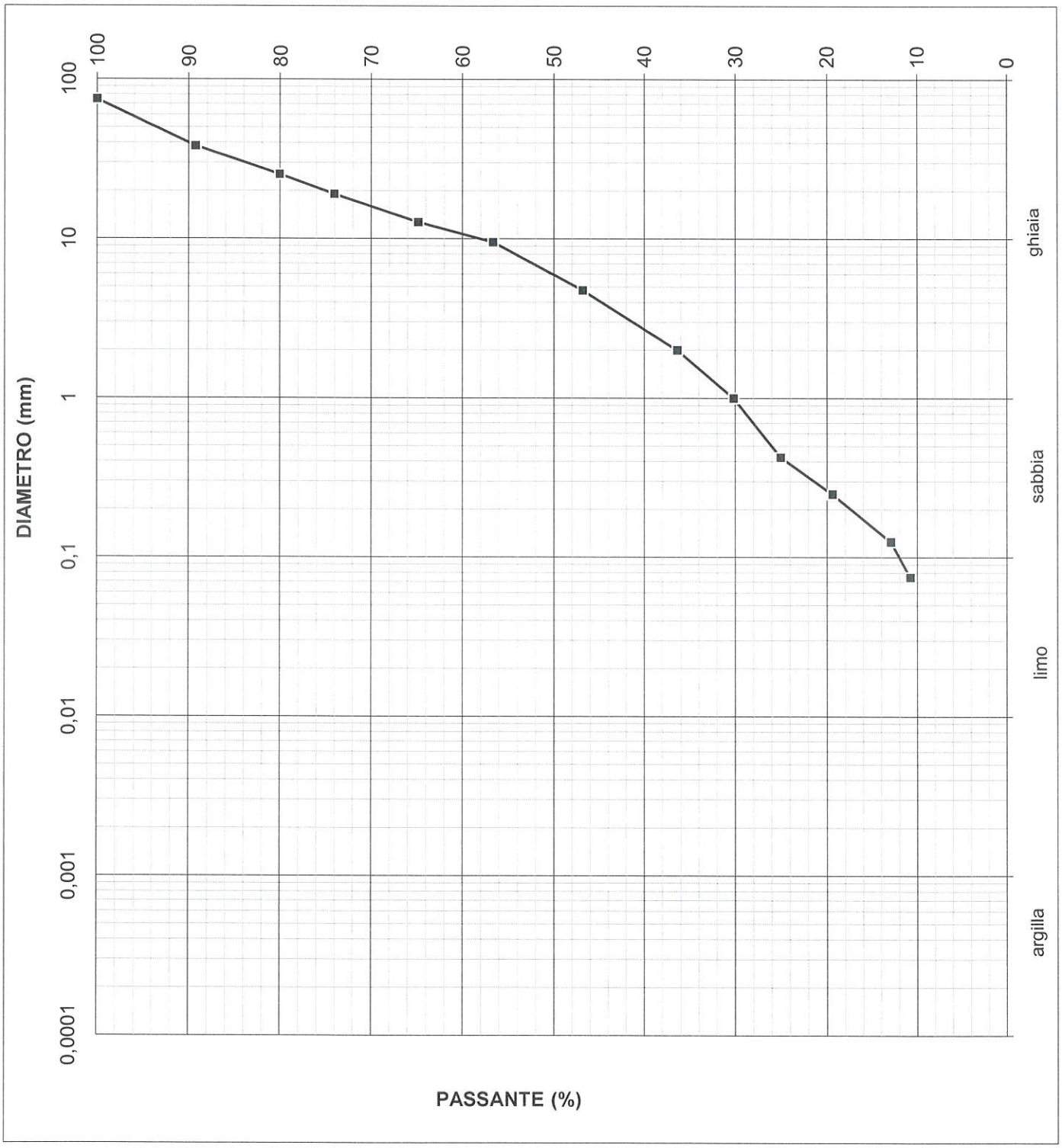
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	53,2
% sabbia	36,1
% limo	10,8
% argilla	

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.7	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.7	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 7
PROFONDITÀ (m): 16,00-17,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.7	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 1
PROFONDITÀ (m): 2,00-3,00
DATA DI PRELIEVO: 25/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 1
PROFONDITÀ (m): 2,00-3,00
DATA PRELIEVO: 25/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 09/04/2025

massa terreno setacciato (g): 848,42

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	848,42	100,00
38,1	0,00	848,42	100,00
25,4	203,75	644,67	75,98
19,05	296,95	551,47	65,00
12,7	333,86	514,56	60,65
9,5	388,61	459,81	54,20
4,75	464,01	384,41	45,31
2	527,14	321,28	37,87
1	573,34	275,08	32,42
0,425	649,30	199,12	23,47
0,25	691,10	157,32	18,54
0,125	712,43	135,99	16,03
0,075	727,12	121,30	14,30

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 09/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

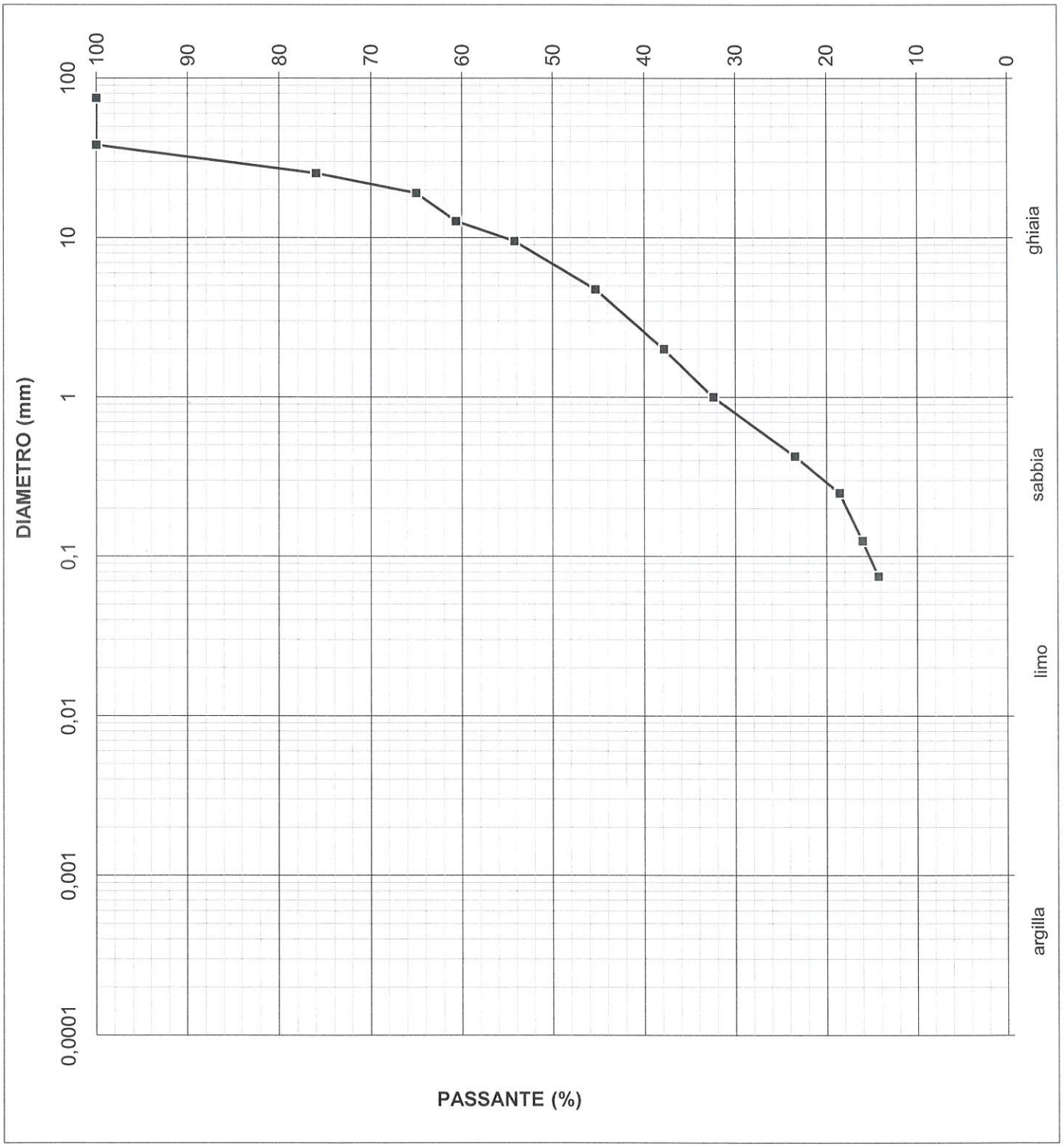
composizione granulometrica	
% ghiaia	54,7
% sabbia	31,0
% limo	14,3
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S2 C.R.1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 1
PROFONDITÀ (m): 2,00-3,00
DATA PRELIEVO: 25/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 09/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**WI**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S2 C.R.1**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 2
PROFONDITÀ (m): 4,00-5,00
DATA DI PRELIEVO: 25/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *2,5 Y 4/2 Dark grayish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S2 C.R.2 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 2
PROFONDITÀ (m): 4,00-5,00
DATA PRELIEVO: 25/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 09/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 2
PROFONDITÀ (m): 4,00-5,00
DATA PRELIEVO: 25/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 09/04/2025

massa terreno setacciato (g): 486,02

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	486,02	100,00
38,1	0,00	486,02	100,00
25,4	52,59	433,43	89,18
19,05	86,00	400,02	82,31
12,7	114,72	371,30	76,40
9,5	144,17	341,85	70,34
4,75	196,60	289,42	59,55
2	236,74	249,28	51,29
1	256,65	229,37	47,19
0,425	308,73	177,29	36,48
0,25	363,11	122,91	25,29
0,125	386,13	99,89	20,55
0,075	399,34	86,68	17,83

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 09/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

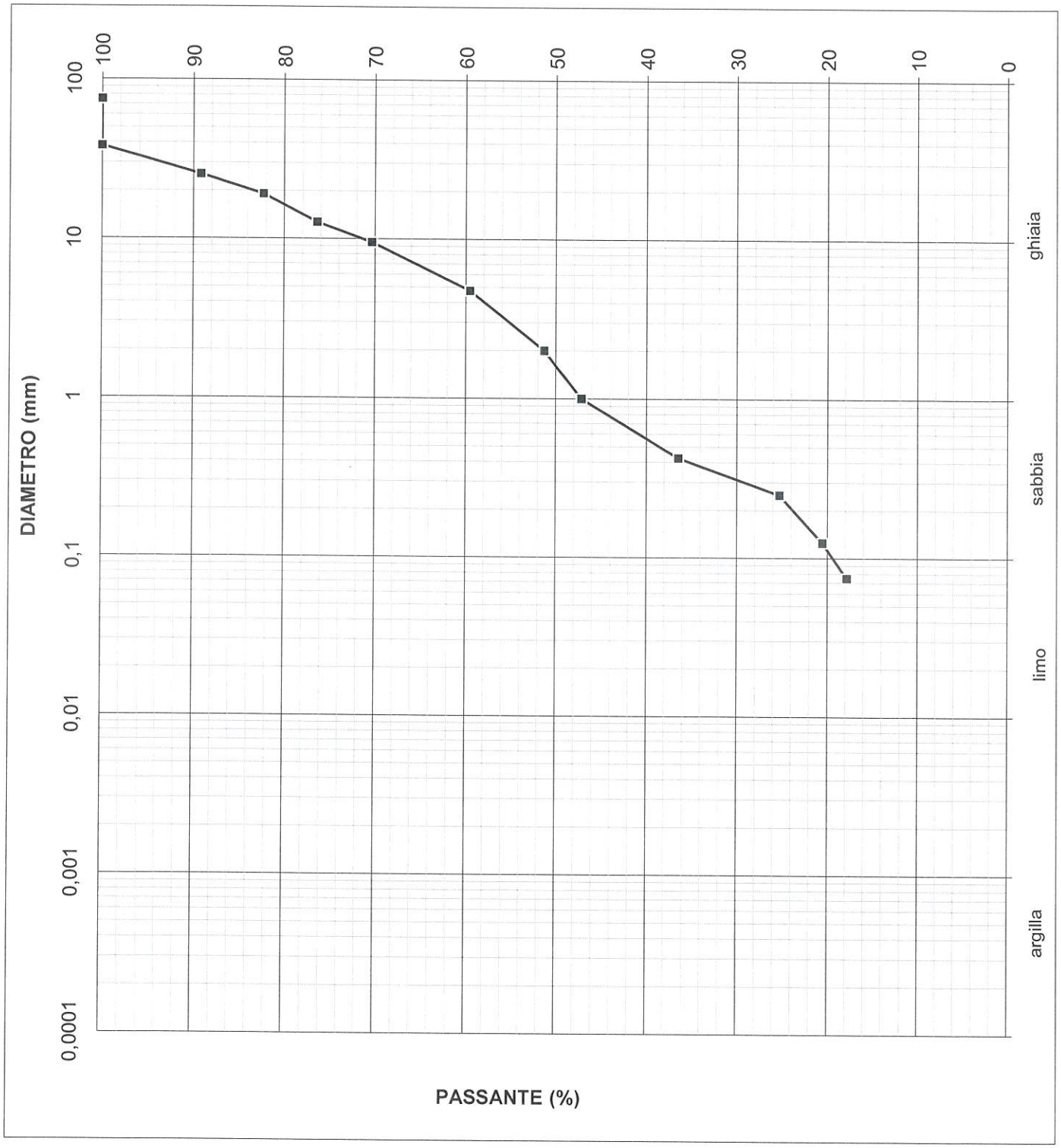
composizione granulometrica	
% ghiaia	40,5
% sabbia	41,7
% limo	17,8
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S2 C.R.2

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 3
PROFONDITÀ (m): 6,00-7,00
DATA DI PRELIEVO: 25/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *2,5 Y 4/2 Dark grayish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S2 C.R.3 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.3	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 3
PROFONDITÀ (m): 6,00-7,00
DATA PRELIEVO: 25/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 09/04/2025

massa terreno setacciato (g): 1245,32

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	1245,32	100,00
38,1	124,18	1121,14	90,03
25,4	281,42	963,90	77,40
19,05	400,11	845,21	67,87
12,7	504,29	741,03	59,51
9,5	628,31	617,01	49,55
4,75	716,93	528,39	42,43
2	812,28	433,04	34,77
1	905,91	339,41	27,25
0,425	978,55	266,77	21,42
0,25	1033,83	211,49	16,98
0,125	1055,83	189,49	15,22
0,075	1068,19	177,13	14,22

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.3	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 09/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

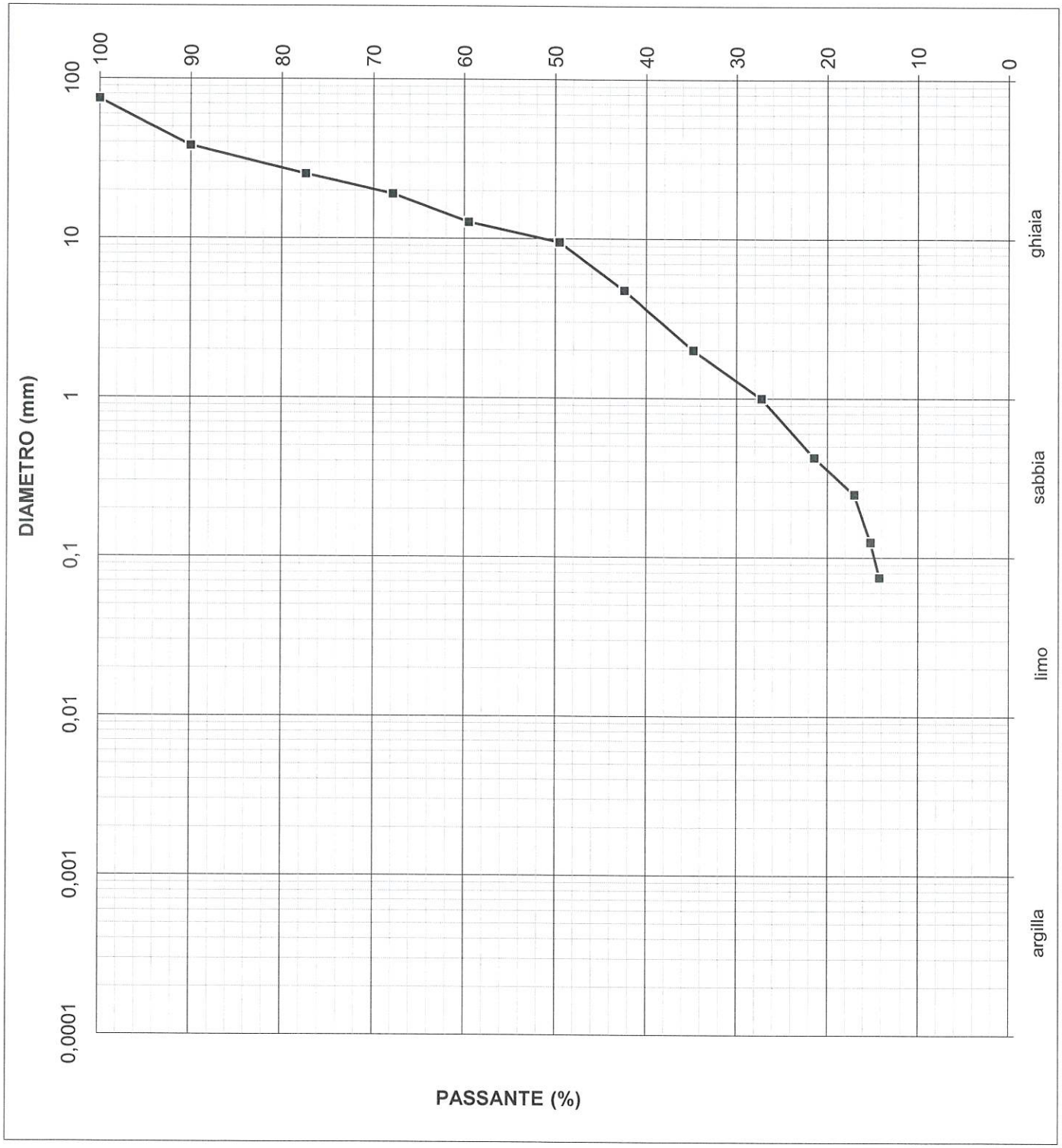
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	57,6
% sabbia	28,2
% limo	14,2
% argilla	

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S2 C.R.3
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.3	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 3
PROFONDITÀ (m): 6,00-7,00
DATA PRELIEVO: 25/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 09/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**WI**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S2 C.R.3**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 4
PROFONDITÀ (m): 8,00-9,00
DATA DI PRELIEVO: 25/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/3 dark brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S2 C.R.4 | **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri | **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 4
PROFONDITÀ (m): 8,00-9,00
DATA PRELIEVO: 25/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 09/04/2025

massa terreno setacciato (g): 845,35

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	845,35	100,00
38,1	0,00	845,35	100,00
25,4	151,24	694,11	82,11
19,05	246,12	599,23	70,89
12,7	343,26	502,09	59,39
9,5	427,28	418,07	49,46
4,75	484,76	360,59	42,66
2	553,11	292,24	34,57
1	589,44	255,91	30,27
0,425	640,76	204,59	24,20
0,25	664,94	180,41	21,34
0,125	679,46	165,89	19,62
0,075	694,72	150,63	17,82

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S2 C.R.4
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 09/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0
densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

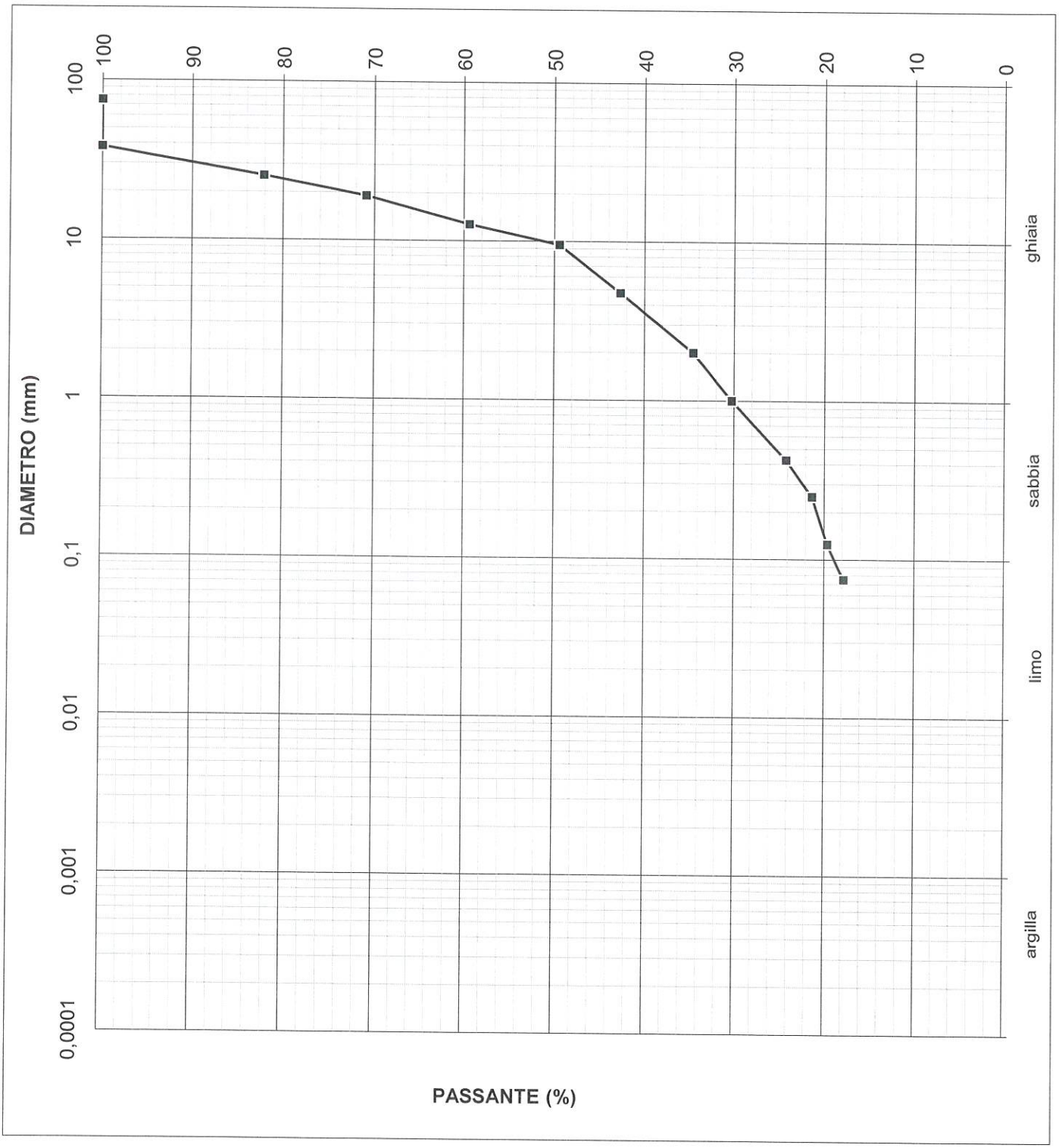
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	57,3
% sabbia	24,8
% limo	17,8
% argilla	

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S2 C.R.4
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 4
PROFONDITÀ (m): 8,00-9,00
DATA PRELIEVO: 25/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 09/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S2 C.R.4**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 5
PROFONDITÀ (m): 10,00-11,00
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

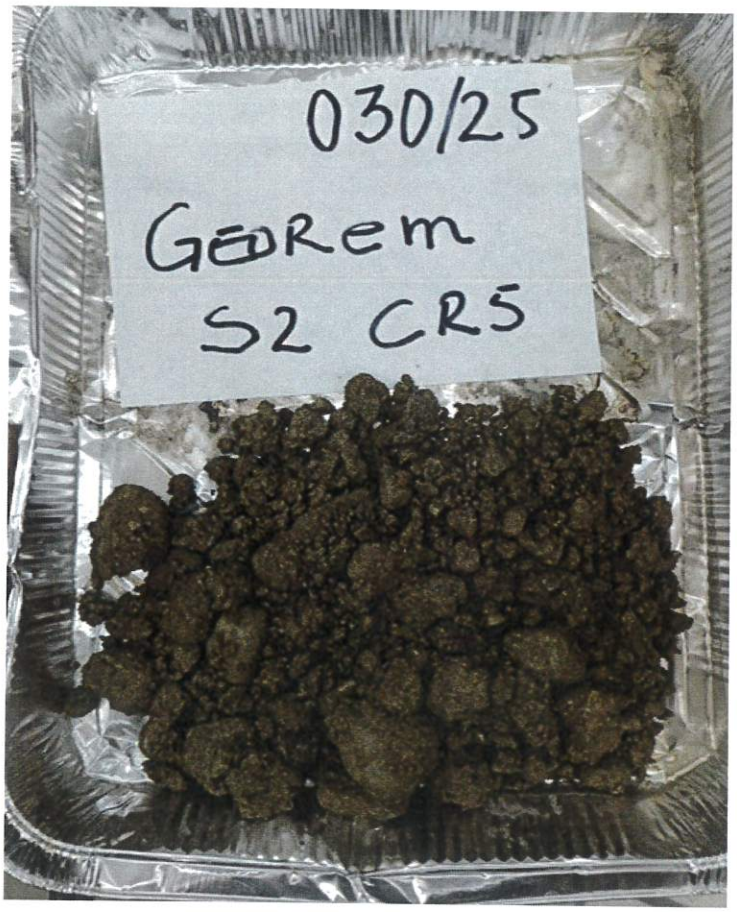
Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S2 C.R.5 | **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri | **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE



commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.5	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 5
PROFONDITÀ (m): 10,00-11,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 09/04/2025

massa terreno setacciato (g): 1446,78

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	1446,78	100,00
38,1	0,00	1446,78	100,00
25,4	211,27	1235,51	85,40
19,05	348,50	1098,28	75,91
12,7	472,77	974,01	67,32
9,5	539,37	907,41	62,72
4,75	661,17	785,61	54,30
2	761,64	685,14	47,36
1	834,37	612,41	42,33
0,425	1041,55	405,23	28,01
0,25	1183,13	263,65	18,22
0,125	1231,86	214,92	14,86
0,075	1261,43	185,35	12,81

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.5	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 09/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

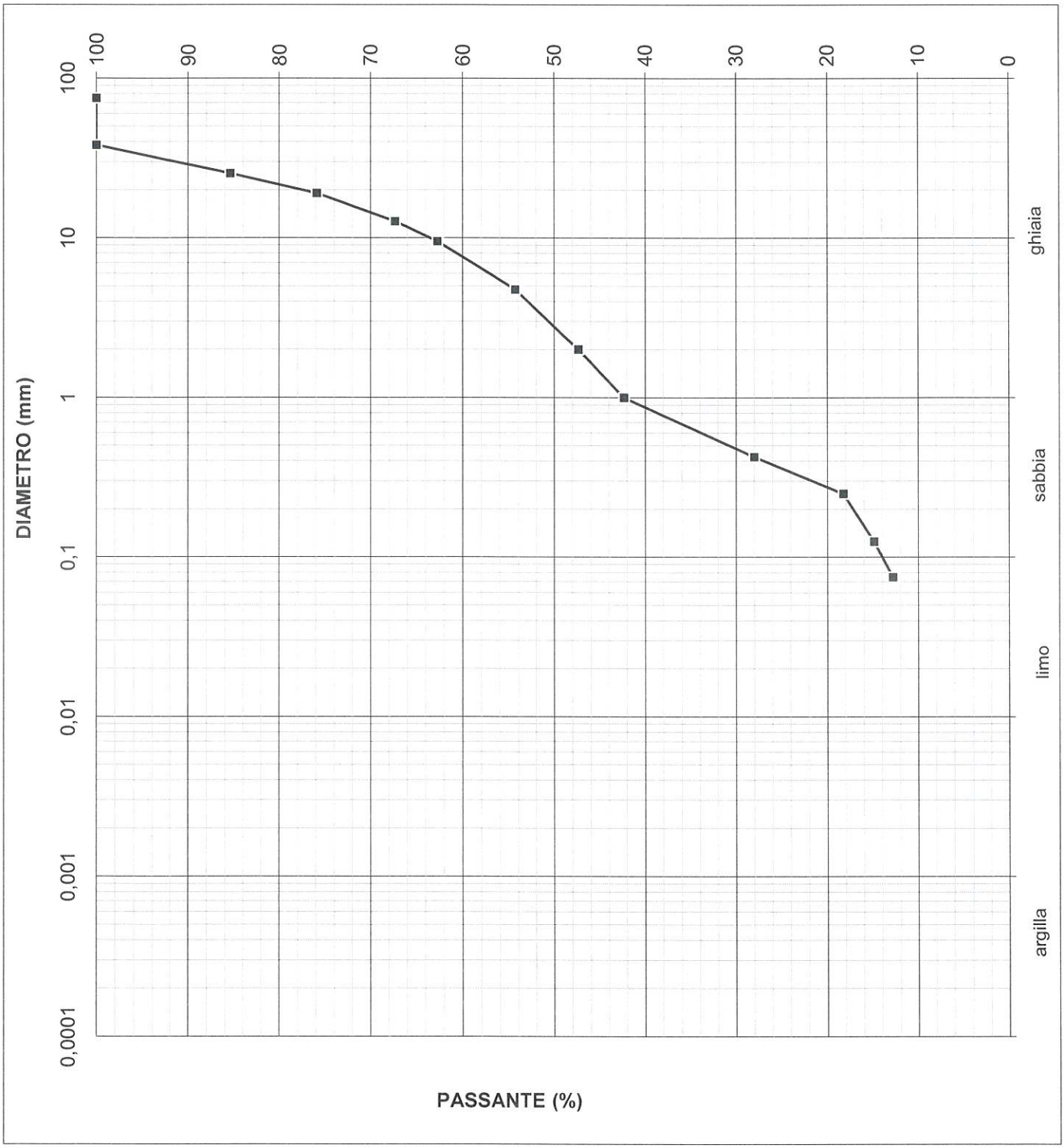
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	45,7
% sabbia	41,5
% limo	12,8
% argilla	

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S2 C.R.5
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.5	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 5
PROFONDITÀ (m): 10,00-11,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 09/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro			
volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**WI**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.5	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 6
PROFONDITÀ (m): 14,00-15,00
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S2 C.R.6 | **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri | **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 6
PROFONDITÀ (m): 14,00-15,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S2 C.R.6

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 6
PROFONDITÀ (m): 14,00-15,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 11/04/2025

massa terreno setacciato (g): 1086,35

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	1086,35	100,00
38,1	115,39	970,96	89,38
25,4	212,57	873,78	80,43
19,05	294,91	791,44	72,85
12,7	401,88	684,47	63,01
9,5	493,06	593,29	54,61
4,75	605,75	480,60	44,24
2	699,02	387,33	35,65
1	783,17	303,18	27,91
0,425	846,16	240,19	22,11
0,25	901,99	184,36	16,97
0,125	941,66	144,69	13,32
0,075	967,08	119,27	10,98

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 11/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

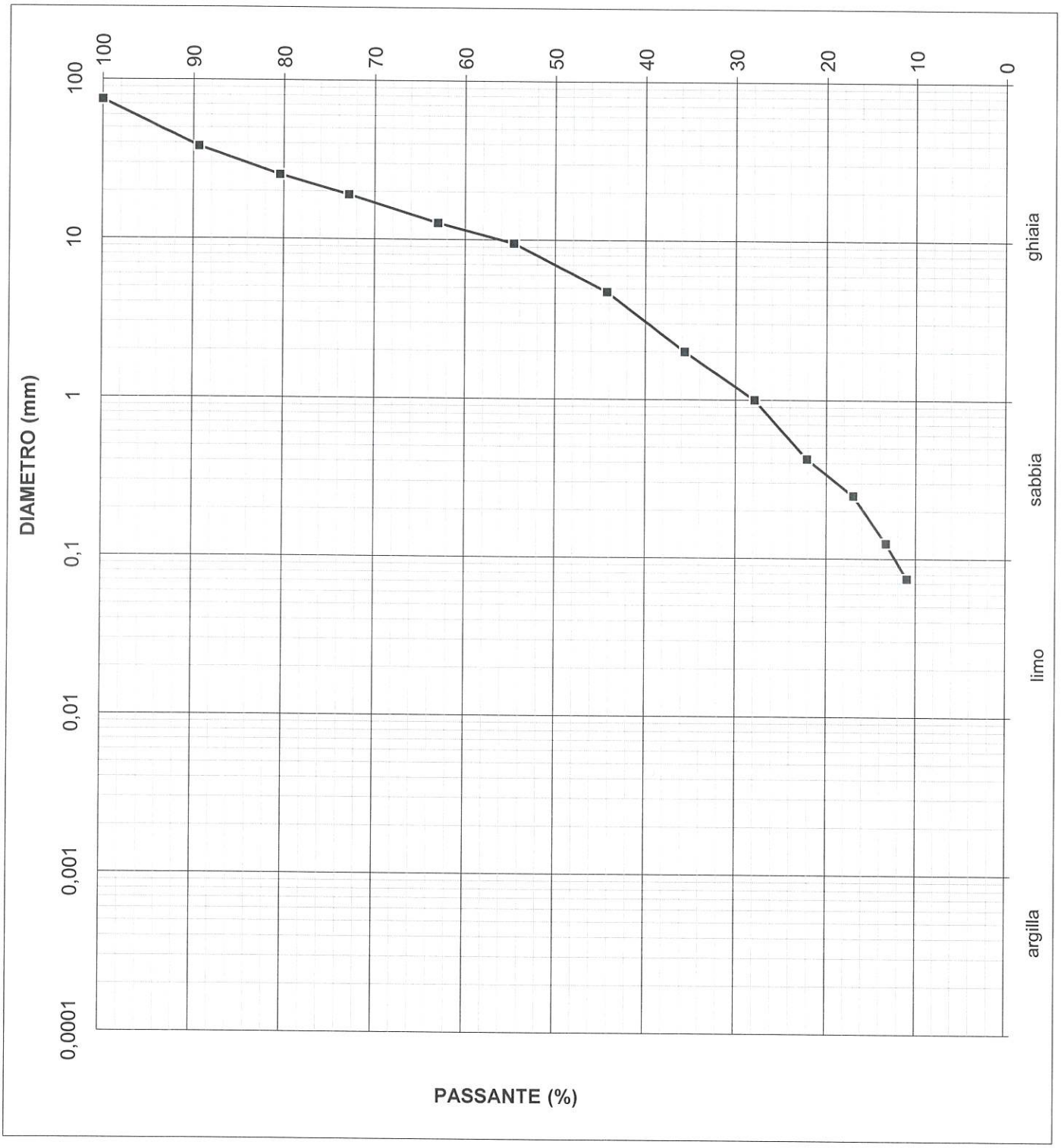
composizione granulometrica	
% ghiaia	55,8
% sabbia	33,3
% limo	11,0
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S2 C.R.6

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 7
PROFONDITÀ (m): 16,00-17,00
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S2 C.R.7 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.7	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 7
PROFONDITÀ (m): 16,00-17,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 11/04/2025

massa terreno setacciato (g): 709,98

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	709,98	100,00
38,1	0,00	709,98	100,00
25,4	256,77	453,21	63,83
19,05	288,91	421,07	59,31
12,7	336,90	373,08	52,55
9,5	377,50	332,48	46,83
4,75	438,65	271,33	38,22
2	485,33	224,65	31,64
1	520,60	189,38	26,67
0,425	579,78	130,20	18,34
0,25	625,33	84,65	11,92
0,125	644,50	65,48	9,22
0,075	655,12	54,86	7,73

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S2 C.R.7
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 11/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

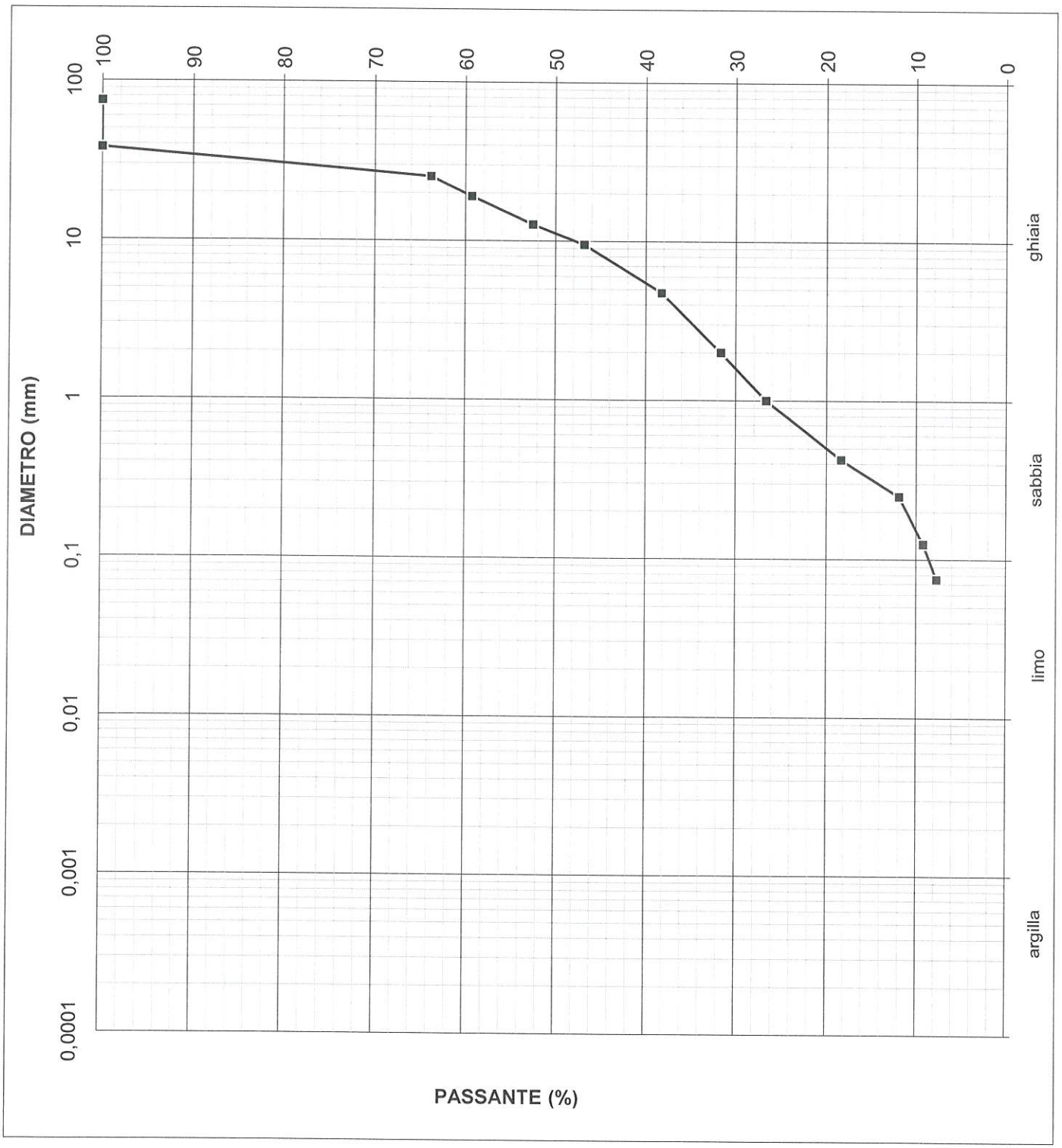
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	61,8
% sabbia	30,5
% limo	7,7
% argilla	

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S2 C.R.7
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.7	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 7
PROFONDITÀ (m): 16,00-17,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S2 C.R.7**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 8
PROFONDITÀ (m): 19,00-20,00
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/3 dark brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S2 C.R.8 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.8	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 8
PROFONDITÀ (m): 19,00-20,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 11/04/2025

massa terreno setacciato (g): 868,47

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	868,47	100,00
38,1	0,00	868,47	100,00
25,4	239,61	628,86	72,41
19,05	381,44	487,03	56,08
12,7	478,92	389,55	44,85
9,5	549,60	318,87	36,72
4,75	621,99	246,48	28,38
2	682,71	185,76	21,39
1	722,73	145,74	16,78
0,425	751,87	116,60	13,43
0,25	785,09	83,38	9,60
0,125	801,47	67,00	7,71
0,075	812,47	56,00	6,45

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.8	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 11/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0
densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

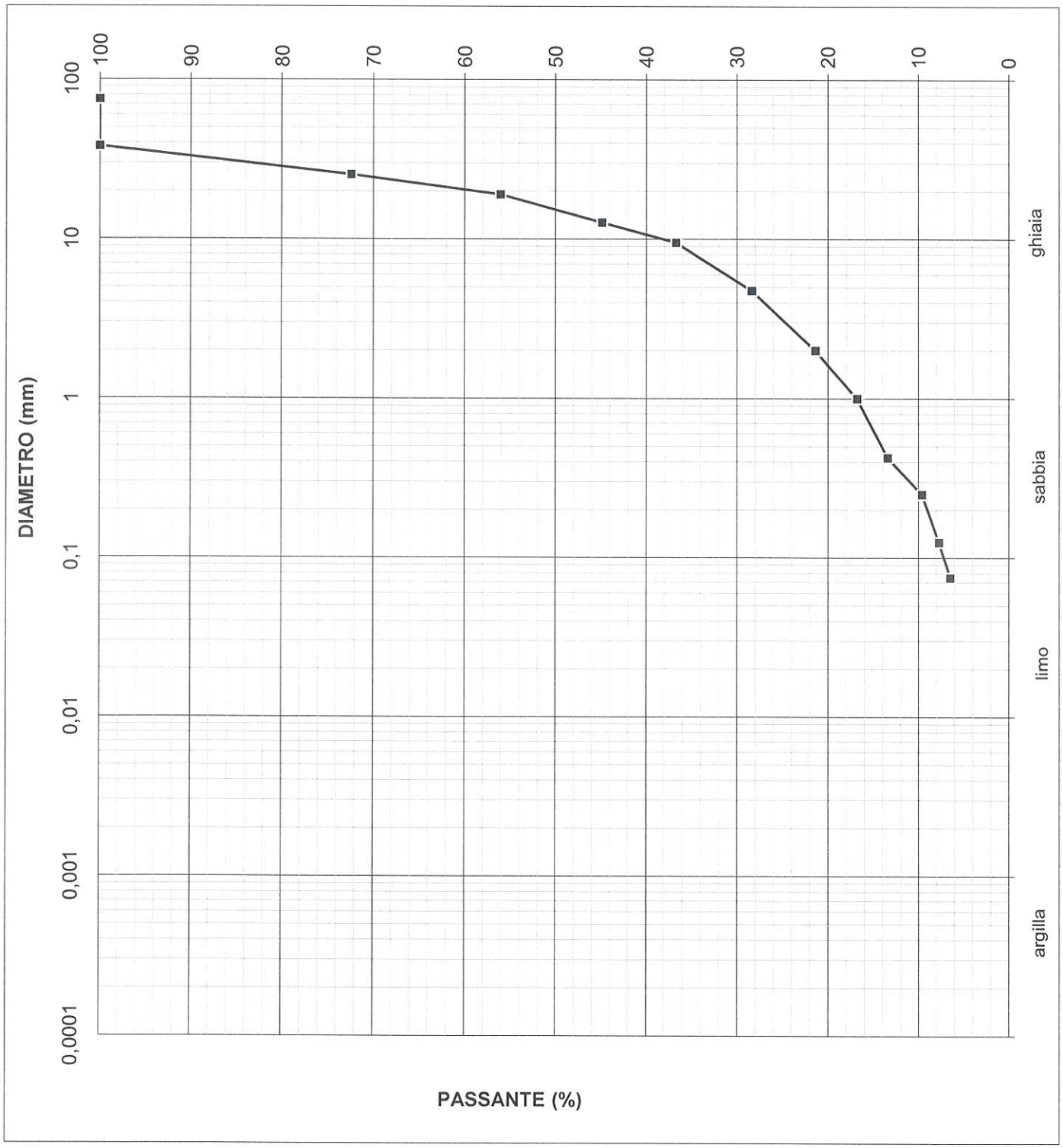
composizione granulometrica	
% ghiaia	71,6
% sabbia	21,9
% limo	6,4
% argilla	

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S2 C.R.8

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.8	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 8
PROFONDITÀ (m): 19,00-20,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S2 C.R.8**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 1,00-1,60
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Indisturbato
contenitore: Fustella Metallica tipo Shelby
colore secondo Munsell: *7,5 YR 3/3 Dark Brown*

diametro nominale (mm): 85
lunghezza effettiva (cm): 48
classe di qualità: Q5

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua	X	Triassiale U.U.		Edometria	X
massa volumica naturale	X	Triassiale C.I.U	X	cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani	X	Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto	X	Tagl. Anulare	
Sedimentazione	x	Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo di sabbia limosa , umido al tatto, bassa plasticità, molto consistente.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*
10	200	260	tg1-tg2
20	120	270	tg3
30	130	240	trx1-trx2
40	110	250	trx3
50	260	240	edometro

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 CI1
Sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

ALTO → BASSO

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITA': Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: CI1
PROFONDITA' (m): 1,00-1,60
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

PESO DI VOLUME (UNI CEN ISO/TS 17892-2 - metodo A)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 04/04/2025
Data di esecuzione prove: 07/04/2025

volume (cm^3)	*peso umido (g)*	*test eseguito*	*posizione*
72,00	159,26	provino 1	superiore
72,00	155,93	provino 2	centrale
72,00	151,40	provino 3	inferiore

Peso di volume: ρ 2,16 Mg/m^3
(medio, in condizioni di umidità naturale)

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITA': Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: CI1
PROFONDITA' (m): 1,00-1,60
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

UMIDITA' NATURALE (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 04/04/2025
Data di esecuzione prove: 07/04/2025

peso umido (g)	*peso secco (g)*	*test eseguito*	*posizione*
32,87	28,14	provino 1	superiore
40,55	34,71	provino 2	centrale
43,77	37,50	provino 3	inferiore

Umidità allo stato naturale: **W** 16,78 %

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITA': Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: CI1
PROFONDITA' (m): 1,00-1,60
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

PESO DI VOLUME REALE DEI GRANI (ASTM D854)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 04/04/2025
Data di esecuzione prove: 07/04/2025

	misura I	misura II
picnometro n°	3	7
massa campione (g)	22,66	22,18
massa picnometro + acqua + campione (g)	192,55	190,86
massa picnometro + acqua (g)	178,34	177,51
temperatura (°C)	20,2	20,2
ρ_r *calcolato (Mg/m^3)*	2,677	2,507

peso di volume reale dei granuli: ρ_r 2,59 Mg/m^3

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 1,00-1,60
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

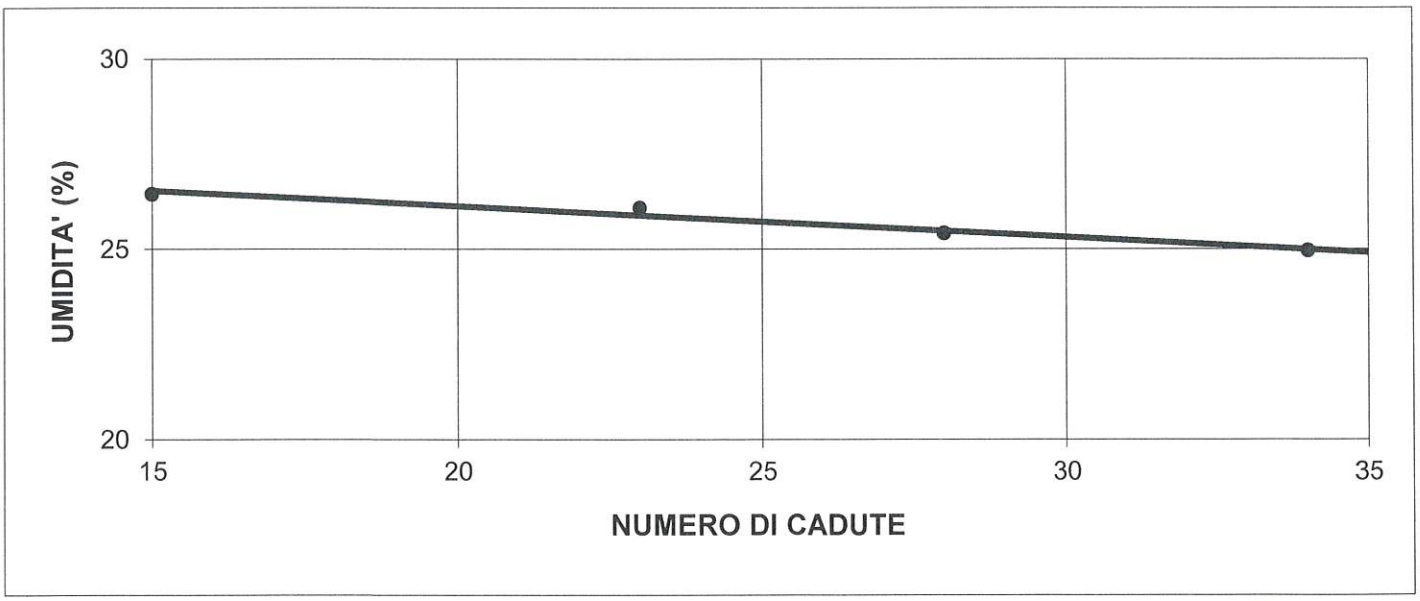
data di esecuzione: 15/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*
15	15,92	12,59	26,45	6,11	5,07	20,51
23	11,60	9,20	26,09	3,42	2,83	20,85
28	12,73	10,15	25,42			
34	16,97	13,58	24,96			

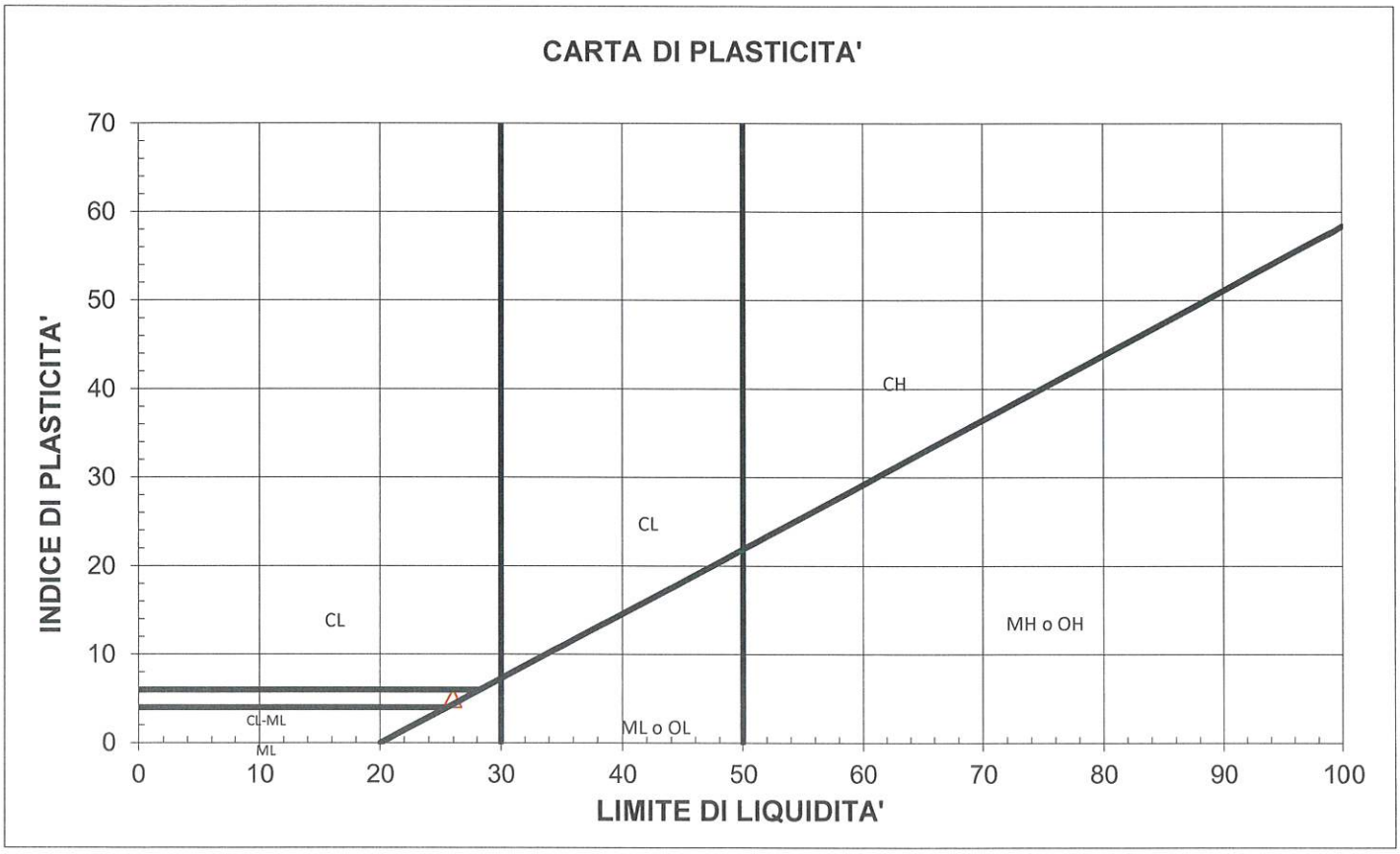
limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**WI**	26	%
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**	21	%
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**	5	



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli



M = limi inorganici
C = argille inorganiche
O = limi e argille organiche

L = basso limite di liquidità
H = alto limite di liquidità

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 1,00-1,60
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 15/04/2025

massa terreno setacciato (g): 384,58

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
38,1	0,00	384,58	100,00
25,4	0,00	384,58	100,00
19,05	0,00	384,58	100,00
12,7	0,00	384,58	100,00
9,5	6,66	377,92	98,27
4,75	20,99	363,59	94,54
2	31,43	353,15	91,83
1	38,88	345,70	89,89
0,425	72,18	312,40	81,23
0,25	98,17	286,41	74,47
0,125	122,71	261,87	68,09
0,075	148,97	235,61	61,26

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 15/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 29,43

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*
30	0,066	25	59,49
60	0,047	23,5	55,11
120	0,034	21,5	49,28
300	0,022	19	41,99
600	0,015	17,5	37,61
1200	0,011	15,5	31,77
2400	0,008	13,5	25,94
4800	0,006	12	21,56
14400	0,003	11	18,65
86400	0,001	10	15,73

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

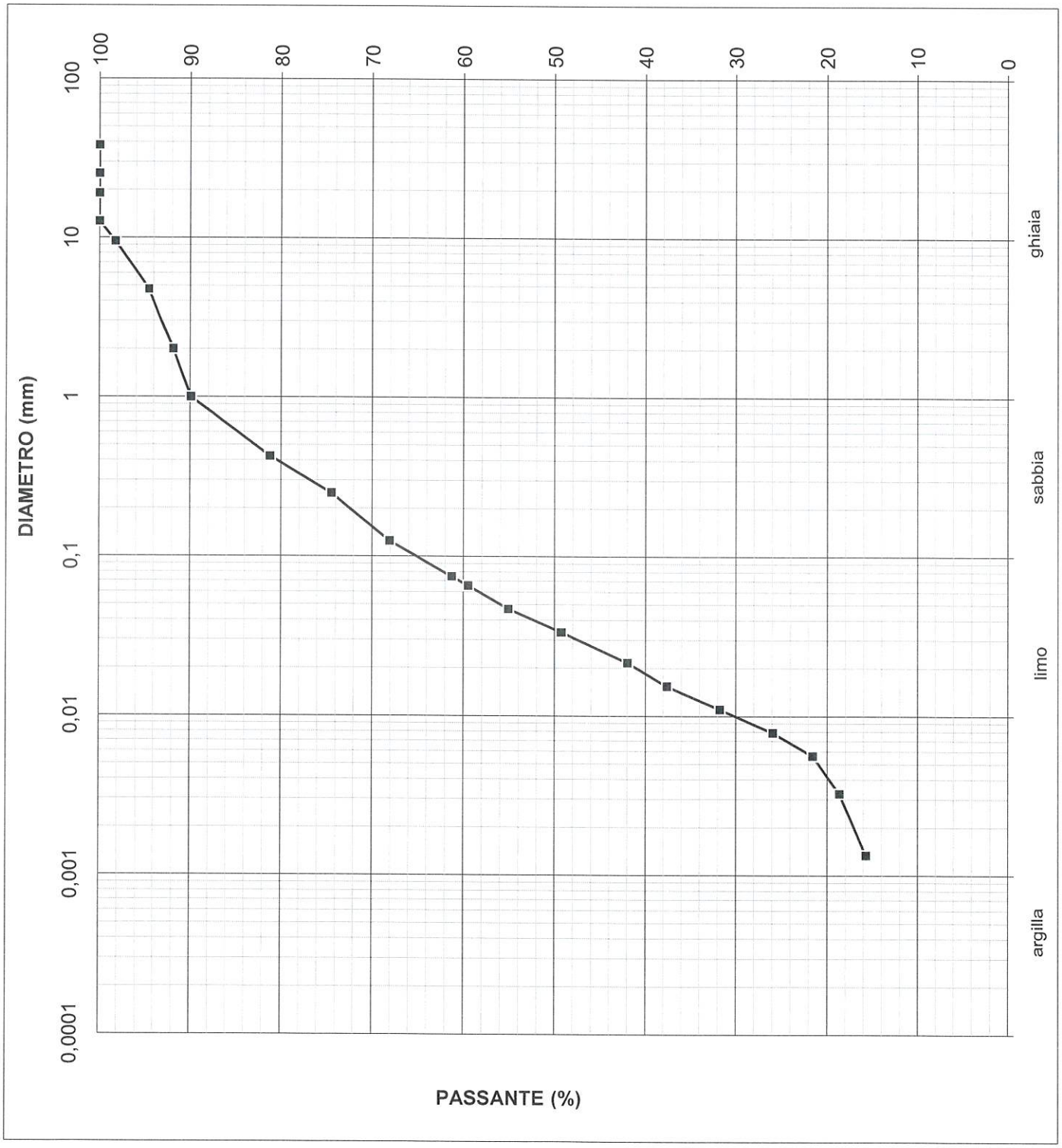
composizione granulometrica	
% ghiaia	5,5
% sabbia	33,3
% limo	40,3
% argilla	20,9

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S3 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025
Data esecuzione prove: 16/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 1,00-1,60
Tipo Campione: Indisturbato tipo Shelby

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATO DRENATO (ASTM D3080-04)

CARATTERISTICHE DEI PROVINI

	sezione (cm^2)	*altezza iniziale* (cm)	*massa iniziale* (g)	*umidità iniziale* (%)	*altezza finale* (cm)	*umidità finale* (%)
provino 1	36,00	2,00	152,16	22,06	1,97	24,81
provino 2	36,00	2,00	144,42	22,14	1,91	25,63
provino 3	36,00	2,00	145,22	22,56	1,87	24,53

DATI DI PROVA: FASE DI ROTTURA

provino 1

carico verticale applicato: 100 kPa
velocità di deformazione: 1,32E-01 µm/s

nota: gli sforzi di taglio sono calcolati tenendo conto della riduzione di area dei provini.

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
0,000	0,000			1,645	-0,110	207	59,1
0,087	-0,010	13	3,5	1,760	-0,120	210	60,2
0,117	-0,020	20	3,5	1,826	-0,120	214	61,3
0,166	-0,020	30	5,4	1,913	-0,120	216	62,0
0,234	-0,040	40	8,3	2,003	-0,120	217	62,5
0,282	-0,040	56	11,2	2,082	-0,120	221	63,5
0,389	-0,050	71	15,7	2,150	-0,120	223	64,3
0,471	-0,050	85	19,9	2,242	-0,130	227	65,4
0,517	-0,060	99	23,8	2,304	-0,120	228	65,8
0,598	-0,060	113	27,7	2,378	-0,120	231	66,9
0,720	-0,070	127	31,6	2,470	-0,130	232	67,3
0,797	-0,070	143	35,6	2,535	-0,130	245	71,0
0,854	-0,080	155	40,1	2,658	-0,120	247	71,9
0,925	-0,080	166	43,7	2,739	-0,120	248	72,3
1,048	-0,080	173	46,7	2,834	-0,120	250	72,8
1,113	-0,090	179	48,8	2,912	-0,120	251	73,2
1,202	-0,090	185	50,8	3,005	-0,120	252	73,6
1,284	-0,100	190	52,5	3,061	-0,120	252	73,7
1,331	-0,100	194	53,9	3,155	-0,120	252	73,8
1,451	-0,100	197	55,2	3,230	-0,120	253	74,3
1,508	-0,110	201	56,0	3,311	-0,110	253	74,4
1,598	-0,110	204	57,3	3,401	-0,110	252	74,2
1,645	-0,110	207	58,1	3,474	-0,110	252	74,3

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**Sperimentatore:**	**Direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S3 CI1**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
3,547	-0,110	252	74,4	4,927	-0,090	233	70,6
3,621	-0,110	251	74,1	5,025	-0,090	232	70,4
3,701	-0,110	250	73,9	5,134	-0,090	231	70,2
3,785	-0,110	248	73,6	5,189	-0,090	231	70,3
3,873	-0,110	246	73,1	5,279	-0,100	230	70,1
3,973	-0,100	246	73,2	5,345	-0,100	229	69,8
4,036	-0,100	245	72,9	5,423	-0,100	229	69,9
4,114	-0,100	244	72,7	5,517	-0,100	228	69,7
4,213	-0,100	243	72,5	5,613	-0,100	228	69,8
4,256	-0,100	240	71,9	5,667	-0,100	228	69,8
4,360	-0,100	240	72,0	5,794	-0,100	228	70,0
4,455	-0,100	239	71,8	5,843	-0,100	227	69,7
4,510	-0,100	238	71,5	5,949	-0,100	227	69,9
4,607	-0,100	237	71,3	6,031	-0,110	225	69,6
4,665	-0,090	236	71,0	6,084	-0,110	225	69,7
4,803	-0,090	235	70,8	6,158	-0,110	225	69,8
4,847	-0,090	235	70,9	6,279	-0,110	224	69,6

provino 2

carico verticale applicato: 200 kPa
velocità di deformazione: 1,35E-01 µm/s

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
0,000	0,000			1,789	-0,470	403	115,4
0,067	-0,166	6	1,5	1,868	-0,468	400	114,7
0,123	-0,233	61	16,9	1,949	-0,469	397	114,1
0,181	-0,268	131	36,5	2,032	-0,472	393	113,1
0,243	-0,295	184	51,2	2,114	-0,471	389	112,0
0,307	-0,315	225	62,8	2,194	-0,471	384	110,6
0,372	-0,331	261	72,9	2,276	-0,471	380	109,6
0,442	-0,343	288	80,7	2,357	-0,474	374	108,1
0,513	-0,357	313	87,8	2,438	-0,474	370	107,1
0,586	-0,366	331	92,9	2,519	-0,474	366	106,0
0,661	-0,375	346	97,3	2,601	-0,476	363	105,4
0,736	-0,380	357	100,5	2,682	-0,476	359	104,3
0,814	-0,390	368	103,8	2,763	-0,478	355	103,3
0,893	-0,398	375	105,8	2,844	-0,478	352	102,6
0,974	-0,408	382	107,9	2,927	-0,479	349	102,0
1,055	-0,418	388	109,6	3,011	-0,482	346	101,3
1,137	-0,427	392	111,0	3,092	-0,481	342	100,2
1,219	-0,436	395	111,9	3,175	-0,483	341	100,0
1,299	-0,442	400	113,6	3,257	-0,483	338	99,3
1,382	-0,452	402	114,2	3,339	-0,486	334	98,2
1,463	-0,456	404	115,1	3,419	-0,489	333	98,0
1,544	-0,461	403	114,9	3,501	-0,490	328	96,9
1,626	-0,464	404	115,4	3,582	-0,493	328	97,0
1,707	-0,467	404	115,6	3,664	-0,495	324	95,9

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 CI1

Sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
3,745	-0,495	322	95,3	5,042	-0,524	288,4	87,5
3,828	-0,497	319	94,6	5,120	-0,525	285,7	86,8
3,908	-0,498	317	94,3	5,201	-0,527	284,3	86,5
3,989	-0,500	315	93,6	5,285	-0,530	281,5	85,8
4,071	-0,501	313	93,4	5,369	-0,531	280,1	85,5
4,153	-0,503	311	92,7	5,450	-0,534	277,4	84,7
4,233	-0,506	308	92,0	5,533	-0,537	276,0	84,5
4,315	-0,507	305	91,3	5,615	-0,538	274,6	84,2
4,397	-0,507	304	91,0	5,697	-0,540	273,2	83,9
4,477	-0,508	301	90,3	5,779	-0,543	270,5	83,1
4,560	-0,512	299	90,0	5,867	-0,544	270,5	83,3
4,643	-0,514	297	89,3	5,951	-0,544	269,1	83,0
4,724	-0,516	295	89,0	6,044	-0,544	269,1	83,1
4,806	-0,518	294	88,8	6,135	-0,544	269,1	83,3
4,884	-0,519	291	88,1	6,221	-0,548	267,7	83,0
4,962	-0,523	288	87,3	6,311	-0,548	267,7	83,1

provino 3

carico verticale applicato: 300 kPa
velocità di deformazione: 1,34E-01 µm/s

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
0,000	0,000			1,939	-0,530	542	155,7
0,082	-0,030	22	6,1	1,996	-0,540	542	155,8
0,123	-0,050	45	12,6	2,099	-0,550	544	156,5
0,195	-0,070	74	20,7	2,186	-0,560	544	156,7
0,273	-0,090	125	34,9	2,273	-0,570	544	157,0
0,357	-0,110	173	48,3	2,311	-0,580	545	157,5
0,406	-0,150	211	59,1	2,415	-0,590	544	157,3
0,488	-0,180	251	70,4	2,508	-0,600	542	157,2
0,608	-0,210	303	85,1	2,579	-0,600	540	156,6
0,671	-0,220	349	98,0	2,627	-0,600	537	155,9
0,747	-0,230	387	108,9	2,739	-0,600	533	155,0
0,816	-0,250	413	116,4	2,792	-0,600	529	154,0
0,880	-0,270	442	124,6	2,883	-0,610	523	152,6
0,982	-0,290	467	131,8	2,989	-0,610	518	151,3
1,046	-0,310	487	137,8	3,035	-0,610	512	149,8
1,160	-0,330	501	141,9	3,130	-0,610	505	148,1
1,206	-0,350	512	145,2	3,195	-0,620	498	146,2
1,277	-0,370	522	148,1	3,320	-0,620	491	144,5
1,372	-0,390	527	149,9	3,359	-0,620	485	142,6
1,466	-0,410	531	151,3	3,481	-0,620	479	141,3
1,516	-0,430	548	156,1	3,565	-0,630	474	139,9
1,607	-0,450	537	153,2	3,623	-0,630	468	138,4
1,676	-0,470	538	153,8	3,680	-0,630	463	136,9
1,805	-0,490	540	154,5	3,769	-0,630	457	135,5
1,872	-0,510	541	155,1	3,882	-0,630	452	134,1

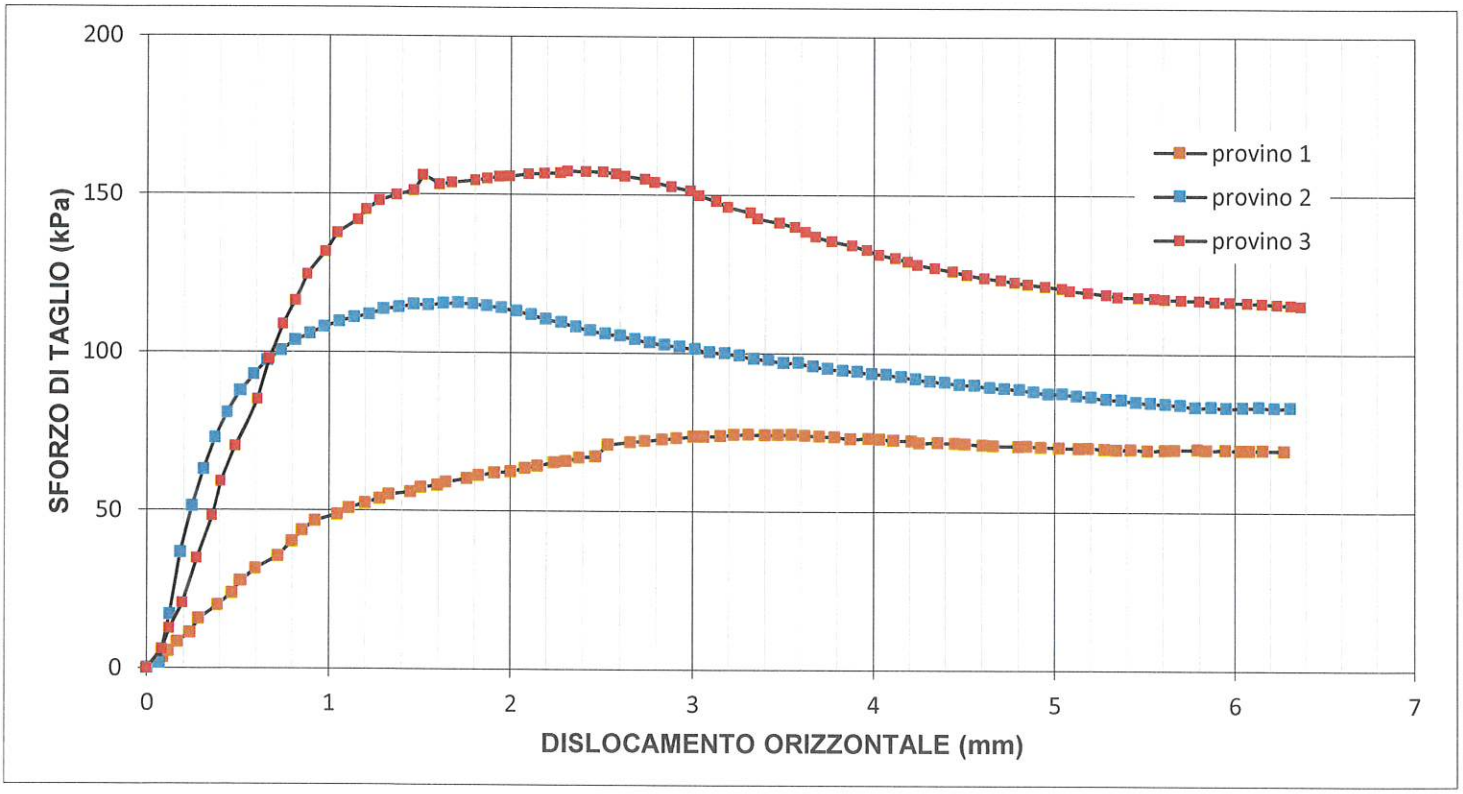
commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**Sperimentatore:**	**Direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S3 CI1**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

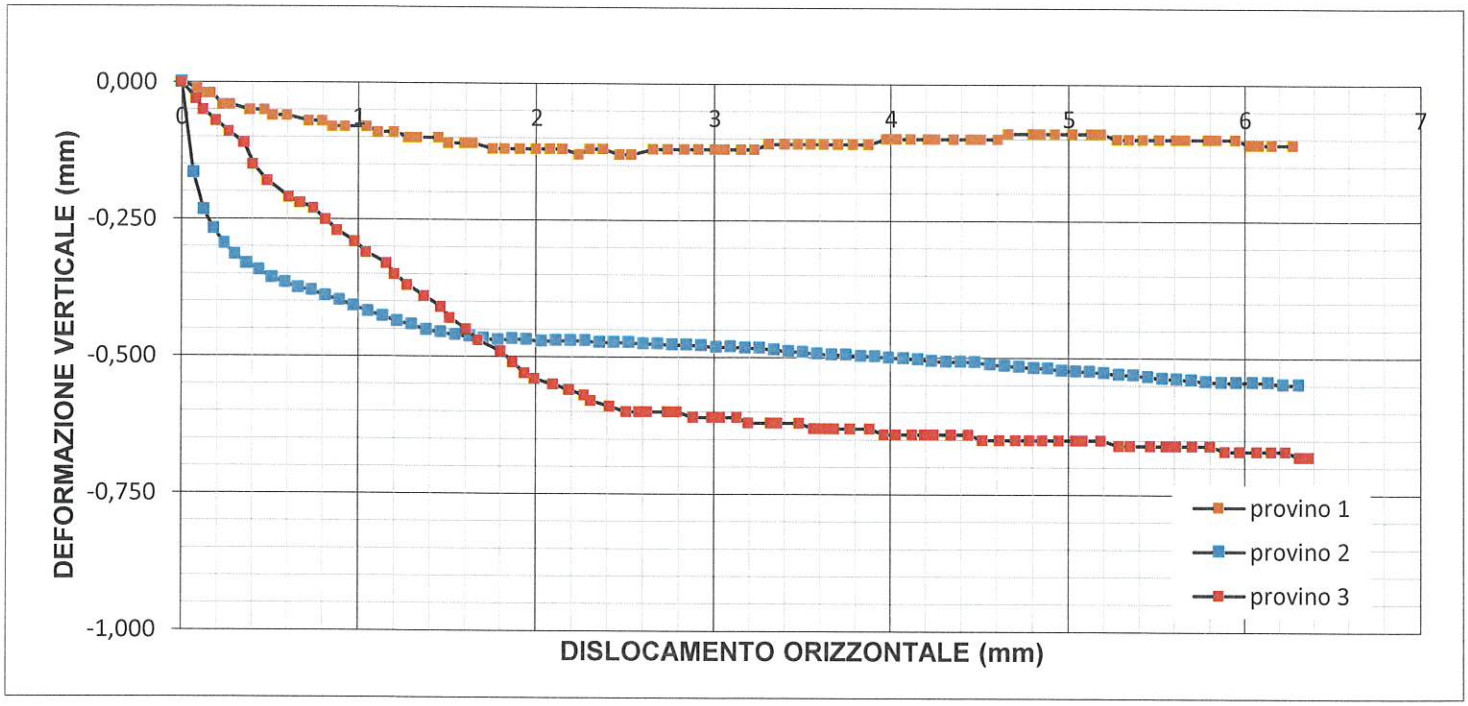
dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
3,963	-0,640	446	132,7	5,188	-0,650	393	119,4
4,032	-0,640	441	131,2	5,289	-0,660	390	118,8
4,123	-0,640	437	130,2	5,351	-0,660	387	118,1
4,192	-0,640	432	129,1	5,466	-0,660	386	117,9
4,246	-0,640	428	128,0	5,556	-0,660	384	117,7
4,345	-0,640	424	127,0	5,614	-0,660	383	117,4
4,443	-0,640	420	126,0	5,704	-0,660	382	117,1
4,521	-0,650	416	125,0	5,804	-0,660	380	116,9
4,616	-0,650	412	123,9	5,888	-0,670	379	116,7
4,707	-0,650	409	123,3	5,972	-0,670	378	116,5
4,783	-0,650	406	122,7	6,073	-0,670	376	116,3
4,855	-0,650	404	122,0	6,155	-0,670	375	116,0
4,948	-0,650	401	121,4	6,238	-0,670	373	115,8
5,042	-0,650	398	120,7	6,316	-0,680	372	115,5
5,085	-0,650	395	120,0	6,371	-0,680	371	115,2

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 CI1

Sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

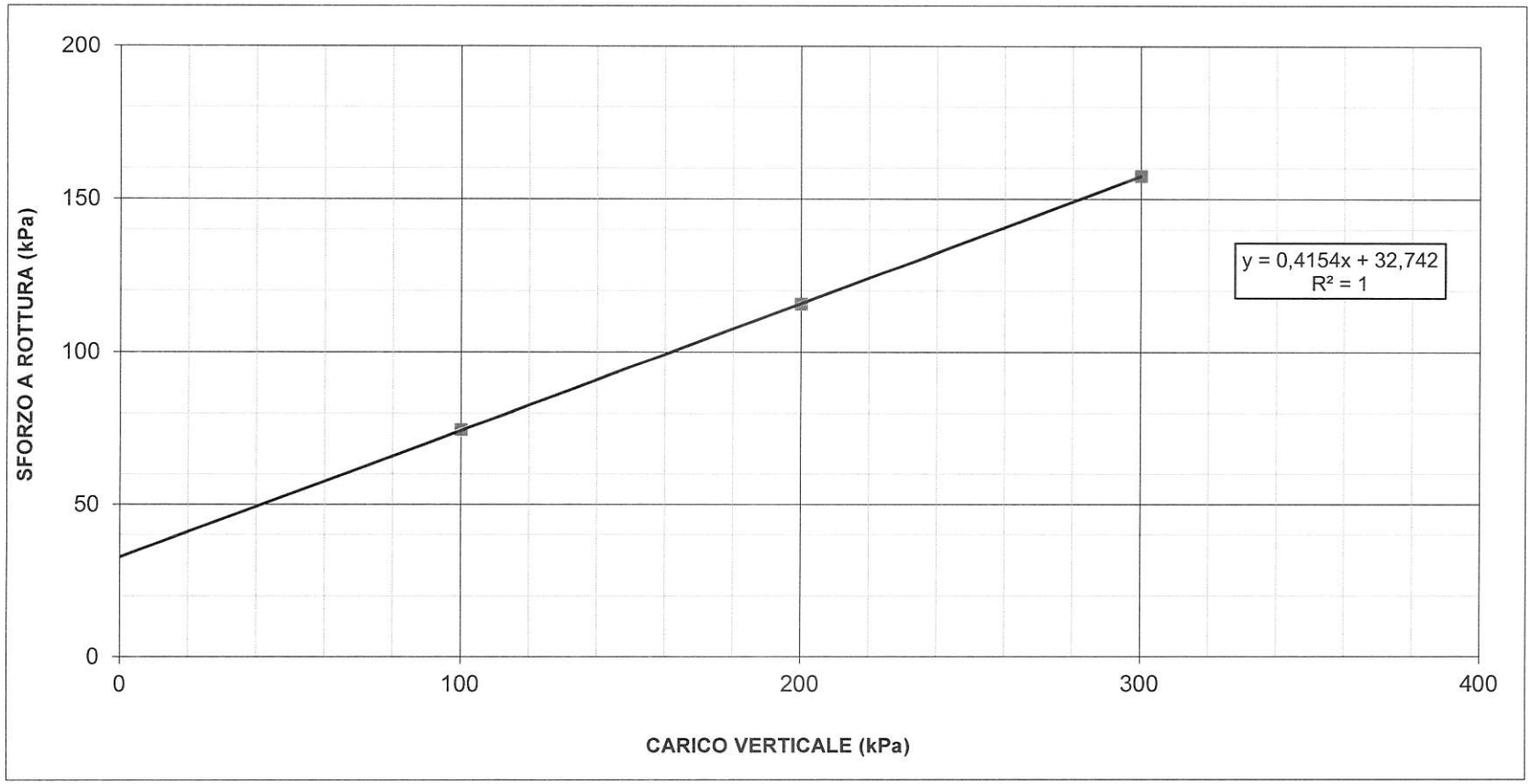
Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli





commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

certificato di prova n° 494/25 Del 23/04/2025 - proposta di interpretazione



CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: CI1

provino	1	2	3
carico verticale (kPa)	100	200	300
sforzo di taglio (kPa)	74,4	115,6	157,5

c' (kPa) = 32,7

ϕ' (° sessadecimali) = 22,6

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 1,00-1,60
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CONSOLIDATA ISOTROPICAMENTE NON DRENATA (UNI CEN ISO/TS 17892/9)

CARATTERISTICHE DEI PROVINI

	sezione (cm^2)	*altezza iniziale* (cm)	*massa iniziale* (g)	*umidità iniziale* (%)
provino 1	11,34	7,60	180,44	15,73
provino 2	11,34	7,60	183,68	15,45
provino 3	11,34	7,60	180,00	15,40

	altezza finale (cm)	*massa finale* (g)	*volume finale* (cm^3)	*umidità finale* (%)
provino 1	6,58	169,41	85,63	19,71
provino 2	6,58	169,17	85,51	17,97
provino 3	6,58	168,43	85,41	18,89

SIMBOLOGIA ADOTTATA

σ_1 = pressione assiale
σ'_1 = pressione assiale efficace
BP = contropressione
B = parametro di Skempton
dH = deformazione assiale
A_c = area corretta
σ_3 = pressione di confinamento
σ'_3 = pressione di confinamento efficace
dU = variazione di pressione interstiziale
dF = variazione di forza assiale
ΔV = variazione di volume

DATI DI PROVA: FASE DI SATURAZIONE

provino 1 *data di esecuzione:* 21/04/2025

σ_3 *iniziale (kPa)*	σ_3 *finale (kPa)*	*BP (kPa)*	*dU iniziale (kPa)*	*dU finale (kPa)*	*B*
0	50	0	0,0	33,2	0,664
50	50	45	33,2	54,8	
50	100	45	54,8	87,9	0,662
100	100	95	87,9	115,7	
100	150	95	115,7	164,5	0,976
150	195	95	164,5	209,4	0,998

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

provino 2 *data di esecuzione:* 21/04/2025

σ_3 iniziale (kPa)	σ_3 finale (kPa)	BP (kPa)	dU iniziale (kPa)	dU finale (kPa)	B
0	50	0	0,0	30,8	0,616
50	50	45	30,8	52,6	
50	100	45	52,6	85,4	0,656
100	100	95	85,4	115,6	
100	150	95	115,6	164,8	0,984
150	295	95	164,8	305,6	0,971

provino 3 *data di esecuzione:* 21/04/2025

σ_3 iniziale (kPa)	σ_3 finale (kPa)	BP (kPa)	dU iniziale (kPa)	dU finale (kPa)	B
0	50	0	0,0	32,8	0,656
50	50	45	32,8	52,6	
50	100	45	52,6	84,5	0,638
100	100	95	84,5	115,4	
100	150	95	115,4	164,8	0,988
150	395	95	164,8	403,2	0,973

DATI DI PROVA: FASE DI CONSOLIDAZIONE

provino 1
data di esecuzione: 22-23/04/2025

pressione di confinamento: 195 kPa
contropressione: 95 kPa

tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)
0	0,00	60	0,18	900	0,33	14400	0,47
6	0,04	120	0,22	1800	0,37	28800	0,49
15	0,09	240	0,25	3600	0,42	86400	0,53
30	0,14	480	0,29	7200	0,45	172800	0,55

provino 2
data di esecuzione: 22-23/04/2025

pressione di confinamento: 295 kPa
contropressione: 95 kPa

tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)
0	0,00	60	0,22	900	0,45	14400	0,60
6	0,07	120	0,28	1800	0,49	28800	0,63
15	0,11	240	0,34	3600	0,53	86400	0,65
30	0,17	480	0,41	7200	0,56	172800	0,67

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

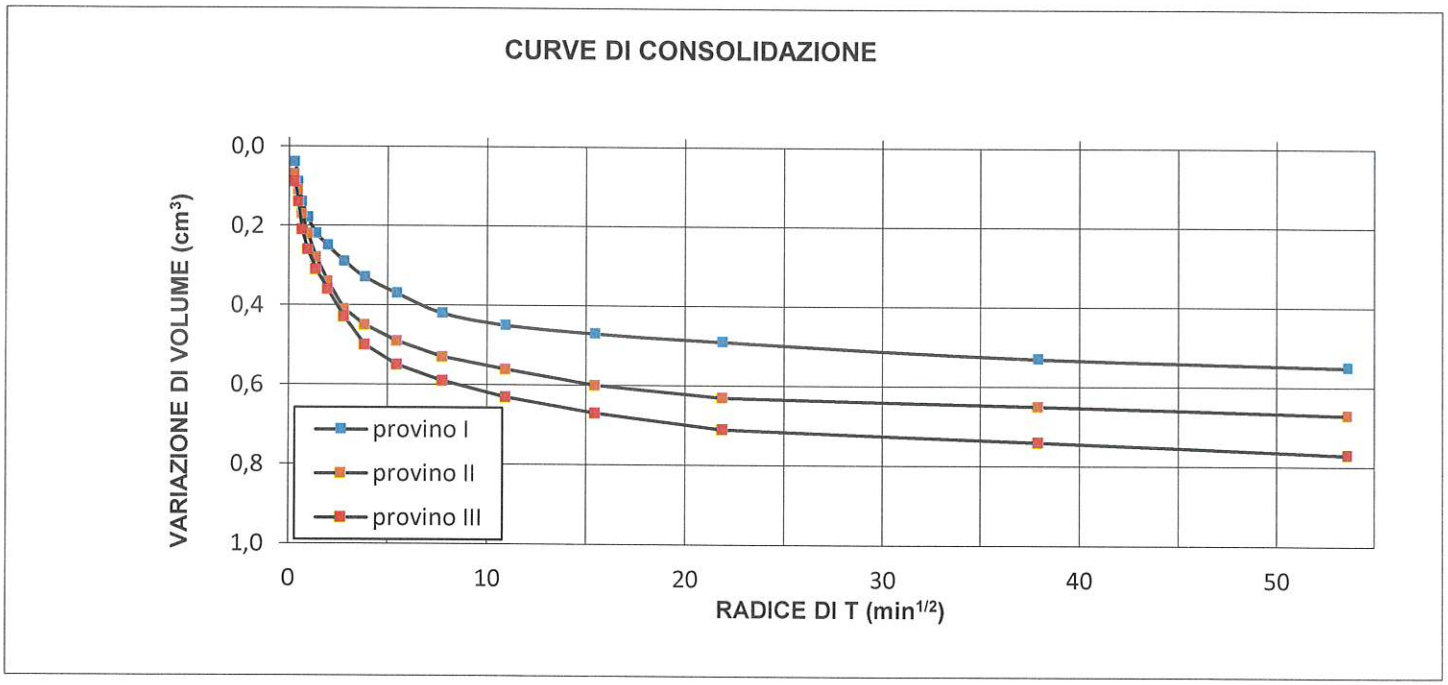
CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

provino 3
data di esecuzione: 22-23/04/2025

pressione di confinamento: 395 kPa
contropressione: 95 kPa

tempo (s)	*Δ V (cm³)*	*tempo (s)*	*Δ V (cm³)*	*tempo (s)*	*Δ V (cm³)*	*tempo (s)*	*Δ V (cm³)*
0	0,00	60	0,26	900	0,50	14400	0,67
6	0,09	120	0,31	1800	0,55	28800	0,71
15	0,14	240	0,36	3600	0,59	86400	0,74
30	0,21	480	0,43	7200	0,63	172800	0,77



commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

DATI DI PROVA: FASE DI ROTTURA

provino 1			*velocità di deformazione:*	8,3	µm/s
data di esecuzione:	24/04/2025		*pressione di confinamento:*	195	kPa
altezza iniziale:	75,84	mm	*contropressione:*	95	kPa

dH (mm)	*dH (%)*	*A_c (cm^2)*	*dF (N)*	*$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)*	*dU (kPa)*
0,00	0,00	11,29	0	0,0	0,0
0,12	0,15	11,31	5	0,0	4,4
0,43	0,56	11,36	16	2,1	12,0
0,66	0,86	11,39	28	5,5	18,8
0,80	1,05	11,41	58	26,0	24,8
0,95	1,26	11,44	94	55,4	26,9
1,24	1,64	11,48	124	81,1	27,2
1,43	1,88	11,51	150	104,4	26,3
1,62	2,13	11,54	171	121,6	27,0
1,79	2,36	11,56	201	146,5	27,1
2,03	2,68	11,60	234	174,0	27,3
2,28	3,00	11,64	254	190,9	27,0
2,45	3,23	11,67	270	203,9	27,2
2,62	3,46	11,70	286	217,0	27,2
2,84	3,74	11,73	300	228,6	27,1
3,05	4,02	11,77	310	236,4	27,1
3,24	4,27	11,80	321	244,4	27,6
3,41	4,49	11,82	331	252,4	27,5
3,63	4,79	11,86	340	259,8	27,1
3,79	5,00	11,89	346	263,9	27,3
4,04	5,32	11,93	351	266,8	27,6
4,23	5,57	11,96	354	268,9	27,6
4,49	5,92	12,00	358	271,1	27,1
4,62	6,09	12,02	361	273,2	27,2
4,87	6,42	12,07	364	274,3	27,2
5,07	6,69	12,10	366	275,4	27,2
5,31	7,00	12,14	368	276,2	26,8
5,50	7,26	12,18	370	276,3	27,2
5,75	7,58	12,22	371	276,7	27,2
5,86	7,73	12,24	373	277,8	26,9
6,15	8,11	12,29	375	277,9	27,0
6,35	8,37	12,32	375	277,0	27,7
6,56	8,65	12,36	376	276,7	27,7
6,74	8,89	12,39	377	277,3	27,1
7,05	9,30	12,45	378	276,7	26,9
7,16	9,44	12,47	379	276,2	27,6
7,37	9,71	12,51	380	276,4	27,2
7,58	9,99	12,54	381	275,7	27,7
7,73	10,19	12,57	381	275,1	27,5
7,95	10,49	12,61	381	275,5	26,9
8,25	10,88	12,67	381	274,0	27,0
8,40	11,07	12,70	381	272,8	27,5
8,61	11,35	12,74	382	272,7	27,3
8,88	11,71	12,79	382	271,7	27,1

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
9,01	11,87	12,81	383	271,5	27,4
9,27	12,22	12,86	382	270,1	27,0
9,51	12,54	12,91	382	268,7	27,3
9,68	12,76	12,94	381	267,2	27,4
9,87	13,02	12,98	381	266,8	26,9
10,02	13,21	13,01	381	264,8	27,7
10,28	13,55	13,06	380	263,1	27,6
10,49	13,83	13,10	379	261,8	27,3
10,68	14,08	13,14	378	260,3	27,4
10,89	14,36	13,18	377	258,7	27,3
11,19	14,75	13,25	376	257,0	27,1
11,40	15,03	13,29	375	255,5	27,1

provino 2
data di esecuzione: 24/04/2025
altezza iniziale: 75,80 mm

velocità di deformazione: 8,3 µm/s
pressione di confinamento: 295 kPa
contropressione: 95 kPa

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
0,00	0,00	11,29	0	0,0	0,0
0,14	0,19	11,31	8	4,8	2,6
0,41	0,54	11,35	15	8,3	4,6
0,65	0,86	11,39	30	19,7	6,9
0,80	1,05	11,41	45	30,4	9,1
0,94	1,23	11,43	72	51,6	11,1
1,22	1,61	11,48	111	83,8	13,2
1,40	1,85	11,50	142	107,8	15,3
1,63	2,15	11,54	172	131,6	17,5
1,78	2,35	11,56	203	156,4	19,5
2,02	2,67	11,60	245	189,4	21,6
2,27	2,99	11,64	274	212,0	23,6
2,47	3,26	11,67	307	237,6	25,7
2,64	3,48	11,70	330	254,6	27,7
2,87	3,79	11,74	356	273,5	29,9
3,05	4,03	11,77	383	293,5	31,8
3,26	4,30	11,80	402	306,9	33,8
3,44	4,54	11,83	428	325,7	36,0
3,62	4,77	11,86	450	341,3	38,1
3,79	5,00	11,89	475	359,1	40,2
4,05	5,35	11,93	493	371,3	42,0
4,23	5,58	11,96	513	385,1	44,1
4,53	5,97	12,01	531	396,0	46,1
4,63	6,11	12,03	547	406,9	48,2
4,89	6,45	12,07	562	415,5	50,2
5,08	6,70	12,10	577	424,4	52,3
5,29	6,97	12,14	591	432,3	54,3
5,52	7,28	12,18	601	436,8	56,4
5,75	7,58	12,22	611	441,5	58,5
5,88	7,76	12,24	618	444,4	60,7
6,15	8,12	12,29	626	446,4	62,7
6,34	8,36	12,32	632	453,5	59,4

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
6,58	8,68	12,37	639	459,6	57,5
6,71	8,85	12,39	645	460,0	60,6
7,01	9,25	12,44	650	463,6	59,2
7,17	9,45	12,47	656	467,4	58,7
7,39	9,75	12,51	661	466,3	62,4
7,57	9,98	12,54	665	468,1	62,2
7,75	10,22	12,58	670	471,0	61,5
7,94	10,47	12,61	673	472,6	60,6
8,27	10,90	12,67	675	472,0	60,8
8,44	11,13	12,71	677	471,7	61,2
8,60	11,34	12,74	679	471,6	61,5
8,89	11,72	12,79	678	468,3	61,8
9,02	11,90	12,82	677	466,5	61,8
9,29	12,25	12,87	676	463,3	62,2
9,51	12,54	12,91	675	460,4	62,6
9,68	12,76	12,94	674	458,6	62,5
9,85	12,99	12,98	673	456,3	62,6
10,05	13,25	13,02	672	453,7	62,2
10,32	13,61	13,07	670	450,2	62,2
10,50	13,85	13,11	668	447,5	62,1
10,66	14,06	13,14	666	444,9	62,0
10,90	14,37	13,19	663	440,9	62,1
11,17	14,72	13,24	661	436,7	62,2

provino 3
data di esecuzione: 24/04/2025
altezza iniziale: 75,77 mm

velocità di deformazione: 8,3 µm/s
pressione di confinamento: 395 kPa
contropressione: 95 kPa

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
0,00	0,00	11,29	0	0,0	0,0
0,14	0,18	11,31	18	13,6	2,4
0,41	0,53	11,35	38	26,9	6,4
0,66	0,87	11,39	67	50,5	8,4
0,76	1,00	11,41	104	77,7	13,6
0,91	1,20	11,43	141	107,0	16,4
1,23	1,62	11,48	182	139,2	19,6
1,40	1,85	11,50	213	162,7	22,7
1,63	2,15	11,54	249	185,7	29,6
1,79	2,36	11,56	279	211,2	29,7
2,05	2,71	11,61	317	239,8	33,7
2,25	2,97	11,64	346	260,3	36,7
2,45	3,23	11,67	380	284,8	40,9
2,64	3,48	11,70	419	314,1	43,8
2,87	3,78	11,74	450	336,4	46,9
3,08	4,06	11,77	488	365,2	49,9
3,25	4,28	11,80	523	390,4	52,9
3,41	4,50	11,82	552	410,9	56,1
3,66	4,83	11,86	581	429,3	60,0
3,82	5,04	11,89	599	442,0	62,1
4,06	5,35	11,93	622	455,1	66,0

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
4,24	5,59	11,96	646	472,0	68,0
4,48	5,91	12,00	677	492,9	71,1
4,65	6,13	12,03	695	503,6	74,1
4,86	6,41	12,06	710	511,7	77,1
5,09	6,71	12,10	725	518,8	80,2
5,29	6,98	12,14	740	526,7	83,3
5,52	7,27	12,18	755	536,8	83,3
5,76	7,59	12,22	776	550,6	84,3
5,87	7,74	12,24	791	560,7	85,8
6,15	8,11	12,29	807	572,9	83,6
6,37	8,39	12,33	818	579,7	83,9
6,54	8,63	12,36	828	586,1	84,1
6,72	8,86	12,39	839	590,9	85,8
7,04	9,28	12,45	850	596,9	85,7
7,16	9,44	12,47	861	604,8	85,6
7,39	9,75	12,51	871	609,7	86,6
7,57	9,98	12,54	882	618,7	84,7
7,76	10,23	12,58	893	622,9	86,7
7,95	10,48	12,61	902	628,8	86,4
8,24	10,87	12,67	913	634,0	86,9
8,41	11,09	12,70	925	642,1	85,8
8,64	11,39	12,74	931	644,1	86,8
8,85	11,67	12,78	937	648,1	85,2
9,03	11,91	12,82	943	649,6	86,5
9,29	12,25	12,87	945	648,1	86,4
9,49	12,52	12,91	947	647,4	86,2
9,67	12,75	12,94	949	646,5	86,4
9,87	13,01	12,98	950	645,2	86,8
10,01	13,20	13,01	951	643,9	87,3
10,28	13,56	13,06	950	640,3	87,2
10,48	13,81	13,10	950	637,8	87,5
10,69	14,10	13,14	949	634,6	87,7
10,90	14,37	13,19	949	632,5	87,5
11,19	14,76	13,25	949	628,5	87,6

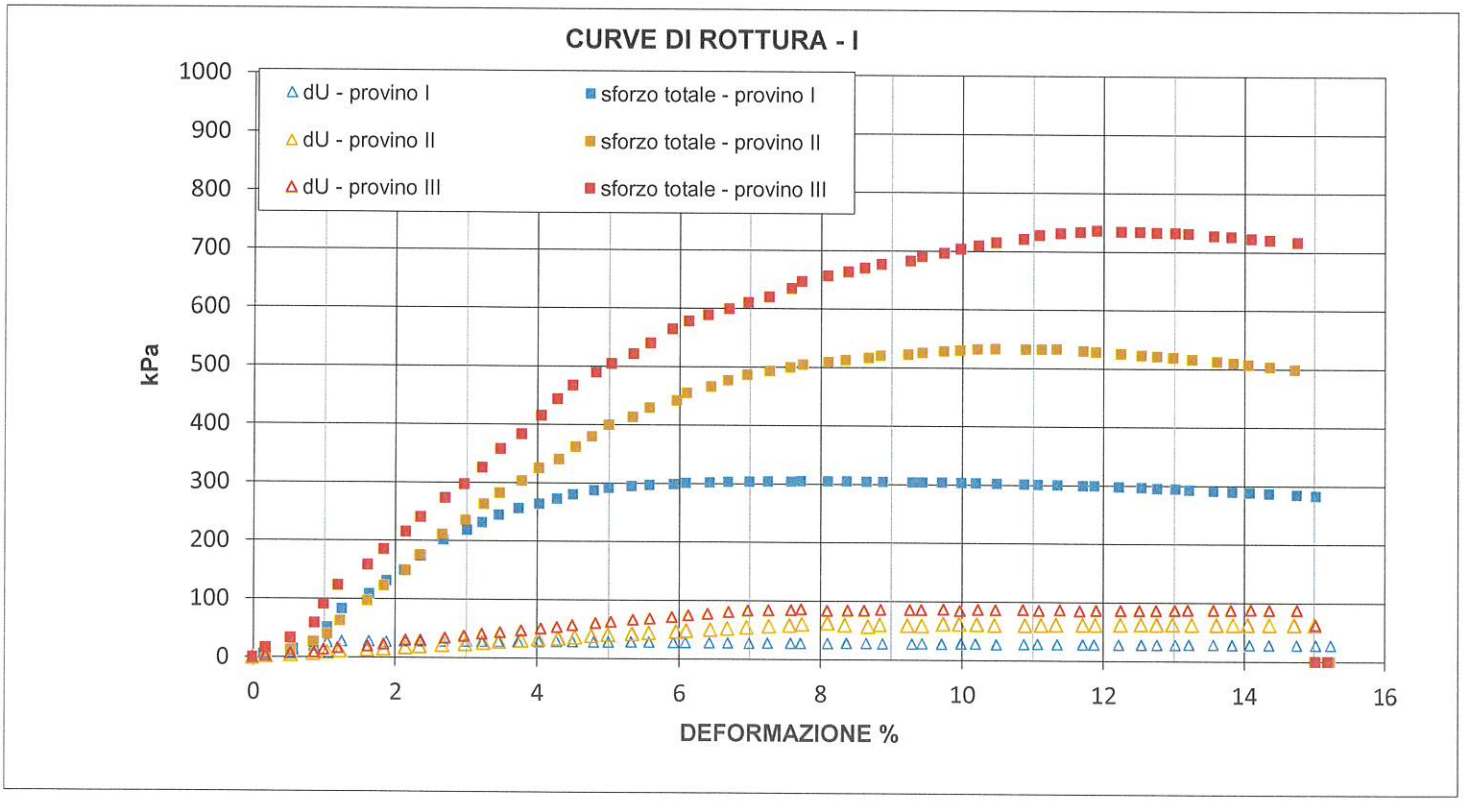
commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 CI1

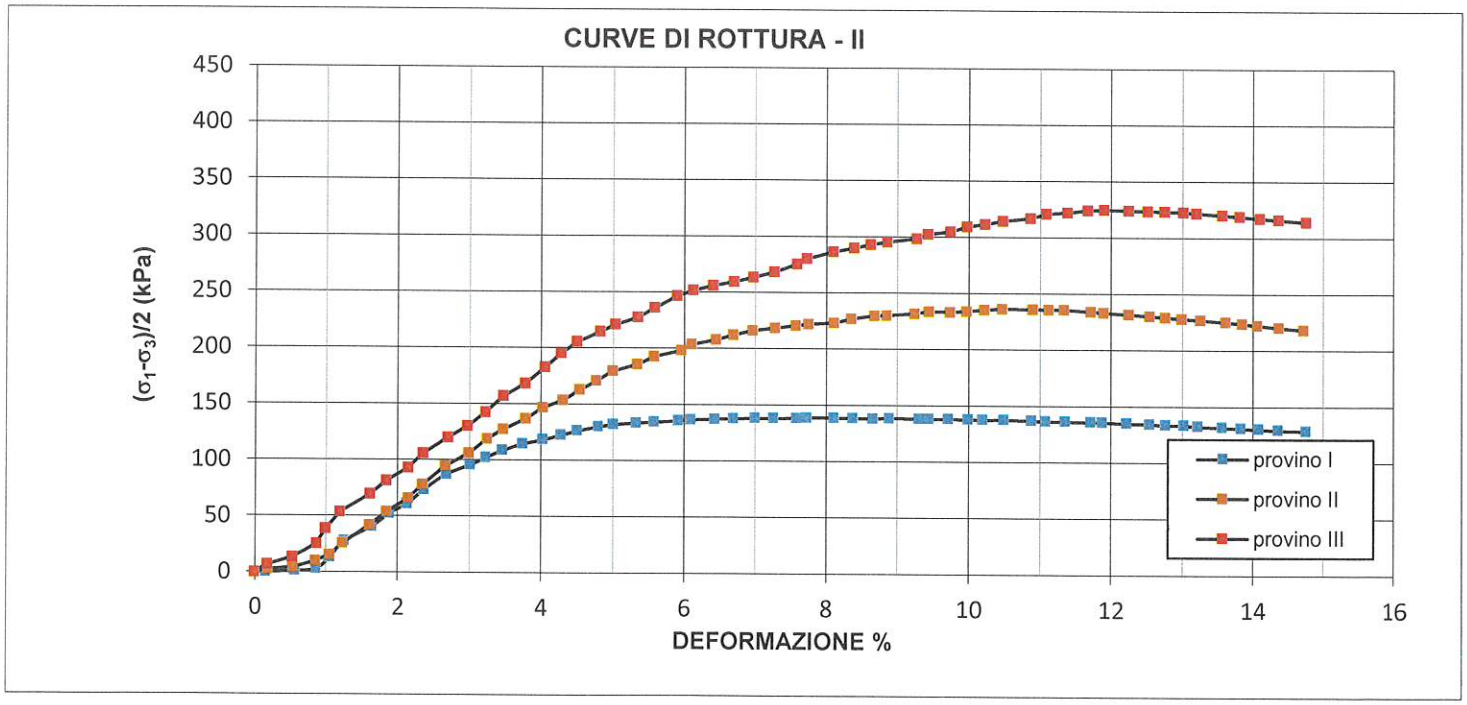
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

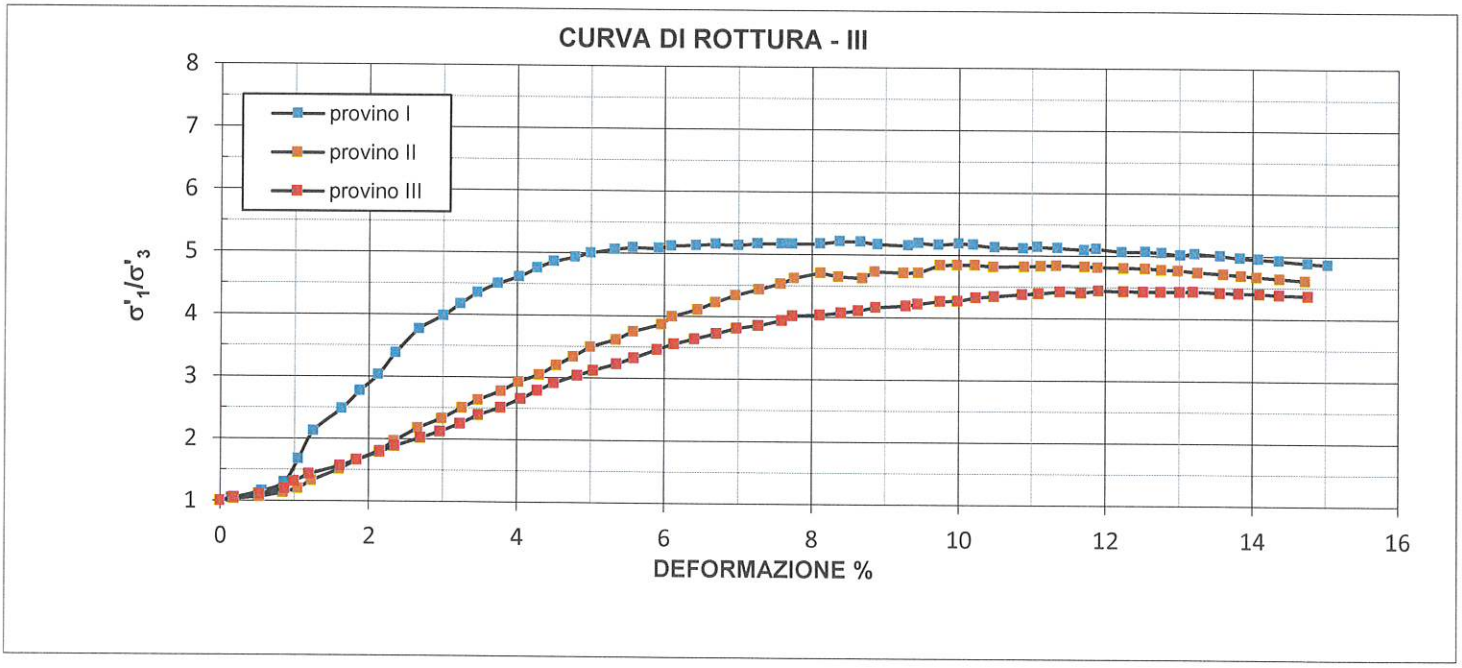




commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

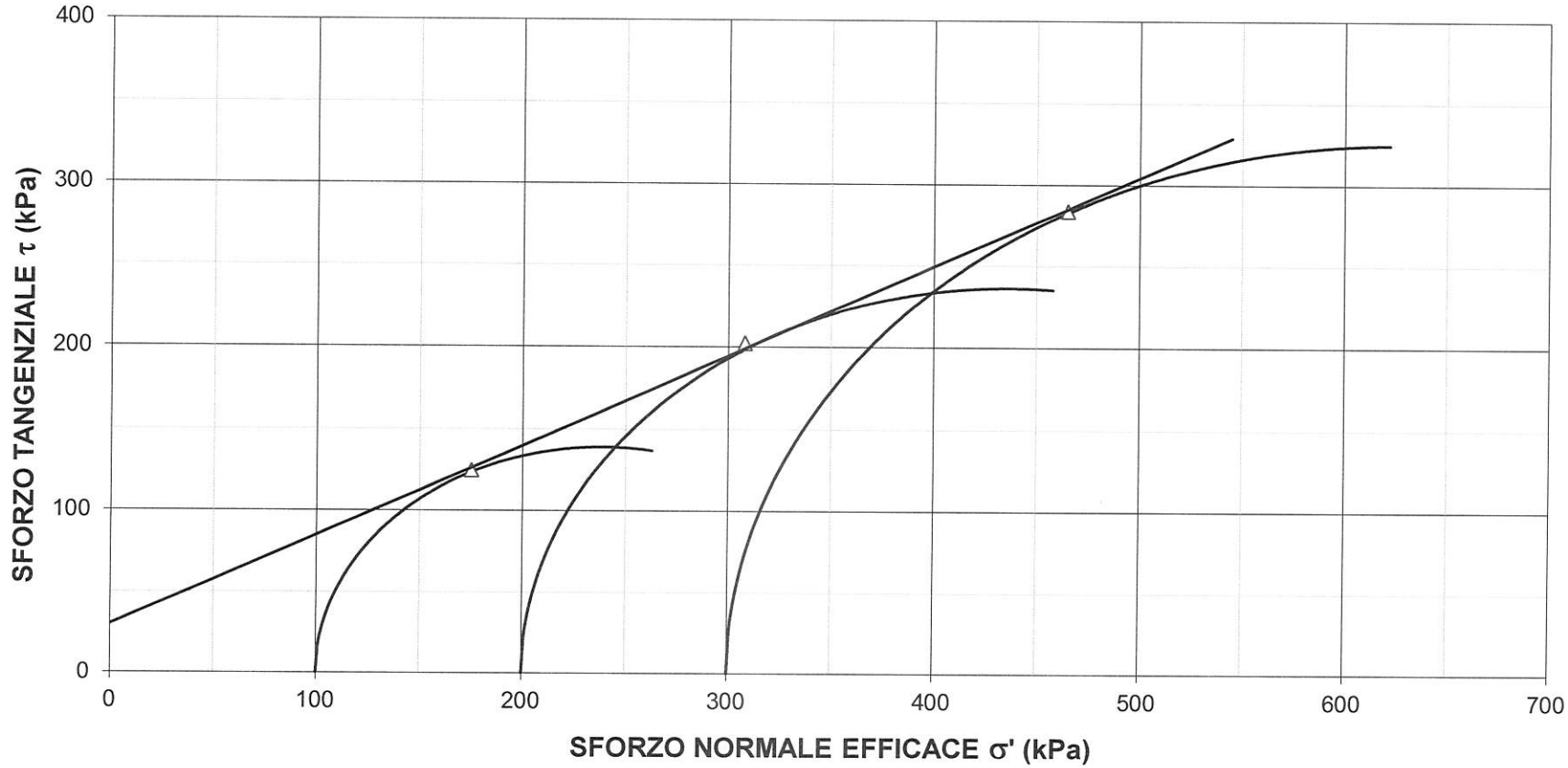
Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

certificato di prova n° 495/25 del 23/04/2025 proposta di interpretazione

INVILUPPO DI ROTTURA SECONDO MOHR-COULOMB



commessa: 030/25 **sondaggio:** S3 **campione:** CI1

provino	1	2	3
X	175,2	308,0	465,0
Y	124,5	202,0	283,6

c' (kPa) = 30,1
ϕ' (° sessadecimali) = 28,7

COMMITTENTE: Georem srl
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
LOCALITÀ: Vignate (MI)
Data ricevimento campione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ: 1,00-1,60
Data esecuzione prove: 14/04-30/04/2025

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (ASTM D2435)

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

sezione	2,16	cm^2	*indice dei vuoti iniziale*	-0,838	
altezza iniziale	20,00	mm	*altezza ridotta*	123,497	mm
massa iniziale	82,16	g	*altezza finale*	18,11	mm
umidità iniziale	16,58	%	*umidità finale*	17,44	%
peso specifico dei granuli	2,71	Mg/m^3	*massa secca finale*	72,29	g

DATI DI PROVA

data inizio	*carico (kPa)*	*altezza (mm)*	*dH (mm)*	*indice vuoti*	*dH/H 0 (%)*	*m v (kPa -1)*	*E ed (kPa)*
14/04/2025	5	20,000	0,000	-0,838	0,000		
15/04/2025	12	19,880	0,120	-0,839	0,600	8,451E-04	1,183E+03
16/04/2025	25	19,760	0,240	-0,840	1,200	4,918E-04	2,033E+03
17/04/2025	49	19,620	0,380	-0,841	1,900	2,857E-04	3,500E+03
18/04/2025	98	19,430	0,570	-0,843	2,850	1,939E-04	5,158E+03
19/04/2025	196	19,200	0,800	-0,845	4,000	1,173E-04	8,522E+03
data inizio	*carico (kPa)*	*altezza (mm)*	*dH (mm)*	*indice vuoti*	*dH/H 0 (%)*	*c s (kPa -1)*	*SR (kPa -1)*
20/04/2025	98	19,230	0,770	-0,844	3,850	8,070E-04	0,498
21/04/2025	49	19,260	0,740	-0,844	3,700	8,070E-04	0,498
data inizio	*carico (kPa)*	*altezza (mm)*	*dH (mm)*	*indice vuoti*	*dH/H 0 (%)*	*m v (kPa -1)*	*E ed (kPa)*
22/04/2025	98	19,240	0,760	-0,844	3,800	2,041E-05	4,900E+04
23/04/2025	196	19,165	0,835	-0,845	4,175	3,827E-05	2,613E+04
24/04/2025	392	18,901	1,099	-0,847	5,495	6,735E-05	1,485E+04
25/04/2025	784	18,540	1,460	-0,850	7,300	4,605E-05	2,172E+04
26/04/2025	1569	18,110	1,890	-0,853	9,450	2,739E-05	3,651E+04
27/04/2025	3138	17,670	2,330	-0,857	11,650	1,402E-05	7,132E+04
data inizio	*carico (kPa)*	*altezza (mm)*	*dH (mm)*	*indice vuoti*	*dH/H 0 (%)*	*c s (kPa -1)*	*SR (kPa -1)*
28/04/2025	784	17,420	2,580	-0,859	12,900	3,361E-03	-2,075
29/04/2025	196	17,610	2,390	-0,857	11,950	2,555E-03	1,578
30/04/2025	49	17,800	2,200	-0,856	11,000	2,555E-03	1,578

Commessa: 030/25
ID Campione: S3 CI1
Io sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
Il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA: ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

gradino X (196-392 kPa)		*gradino XI (392-785 kPa)*	
tempo (s)	*dH (mm)*	*tempo (s)*	*dH (mm)*
0	0,835	0	1,099
6	0,945	6	1,234
15	0,968	15	1,260
30	0,980	30	1,278
60	0,992	60	1,312
120	1,007	120	1,336
240	1,021	240	1,353
480	1,032	480	1,369
900	1,045	900	1,385
1800	1,057	1800	1,400
3600	1,068	3600	1,414
7200	1,076	7200	1,427
14400	1,085	14400	1,441
28800	1,092	28800	1,450
86400	1,099	86400	1,460

gradino XII (785-1596 kPa)	
tempo (s)	*dH (mm)*
0	1,460
6	1,600
15	1,640
30	1,670
60	1,700
120	1,730
240	1,755
480	1,775
900	1,796
1800	1,815
3600	1,833
7200	1,851
14400	1,861
28800	1,871
86400	1,890

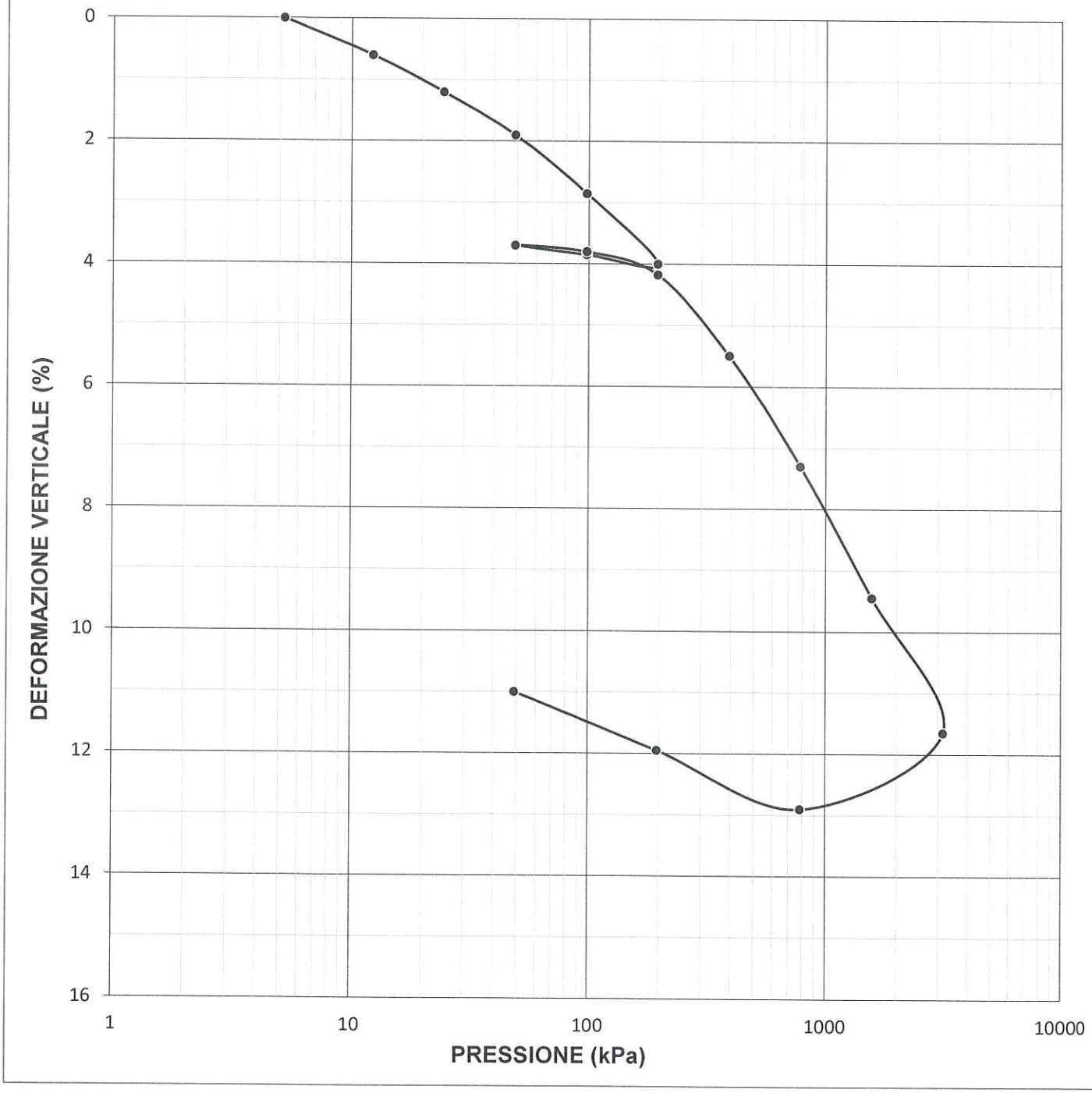
Commessa: 030/25

ID Campione: S3 CI1

Io sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

Il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

CURVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA - I

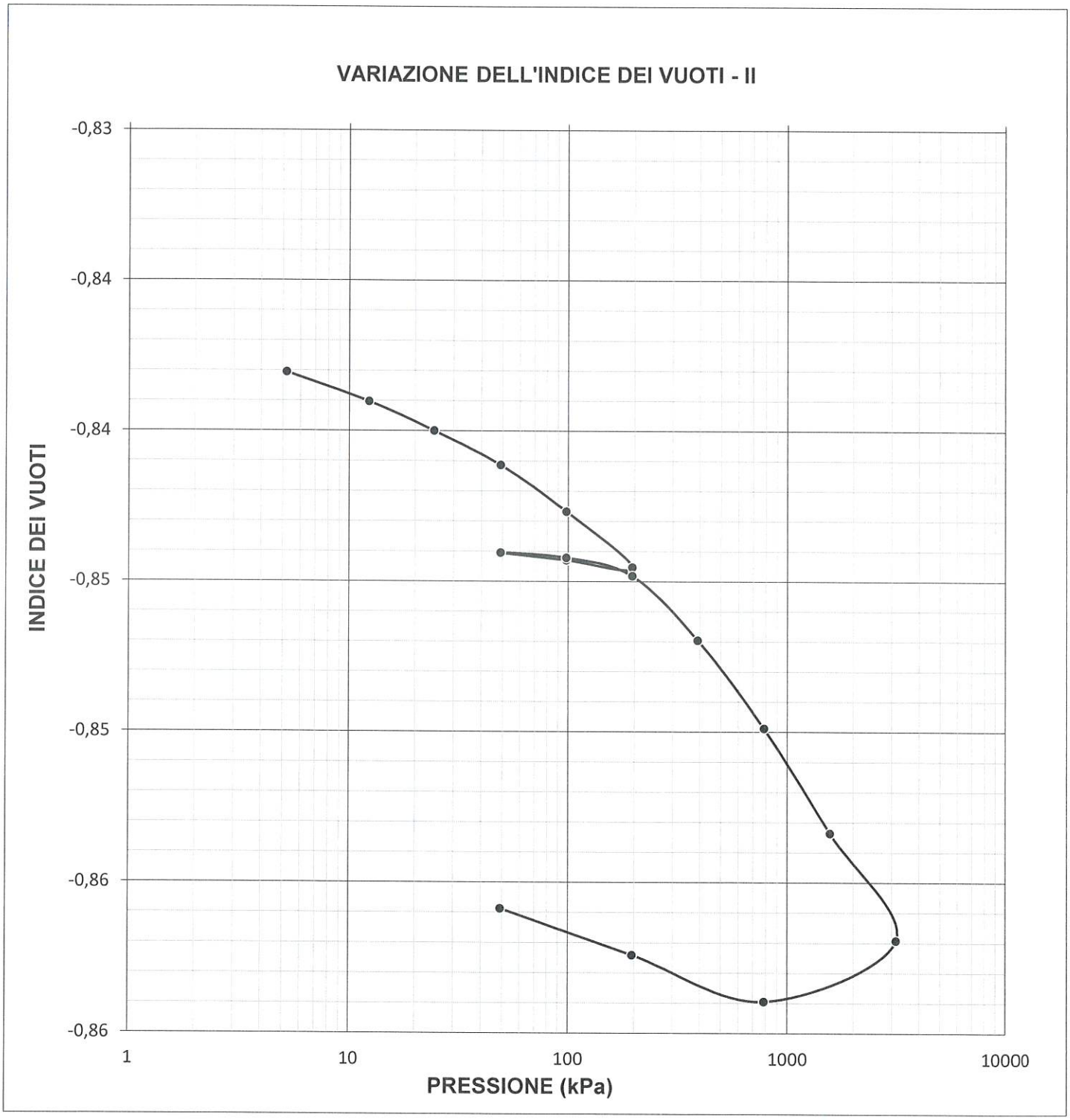


Commessa: 030/25

ID Campione: S3 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

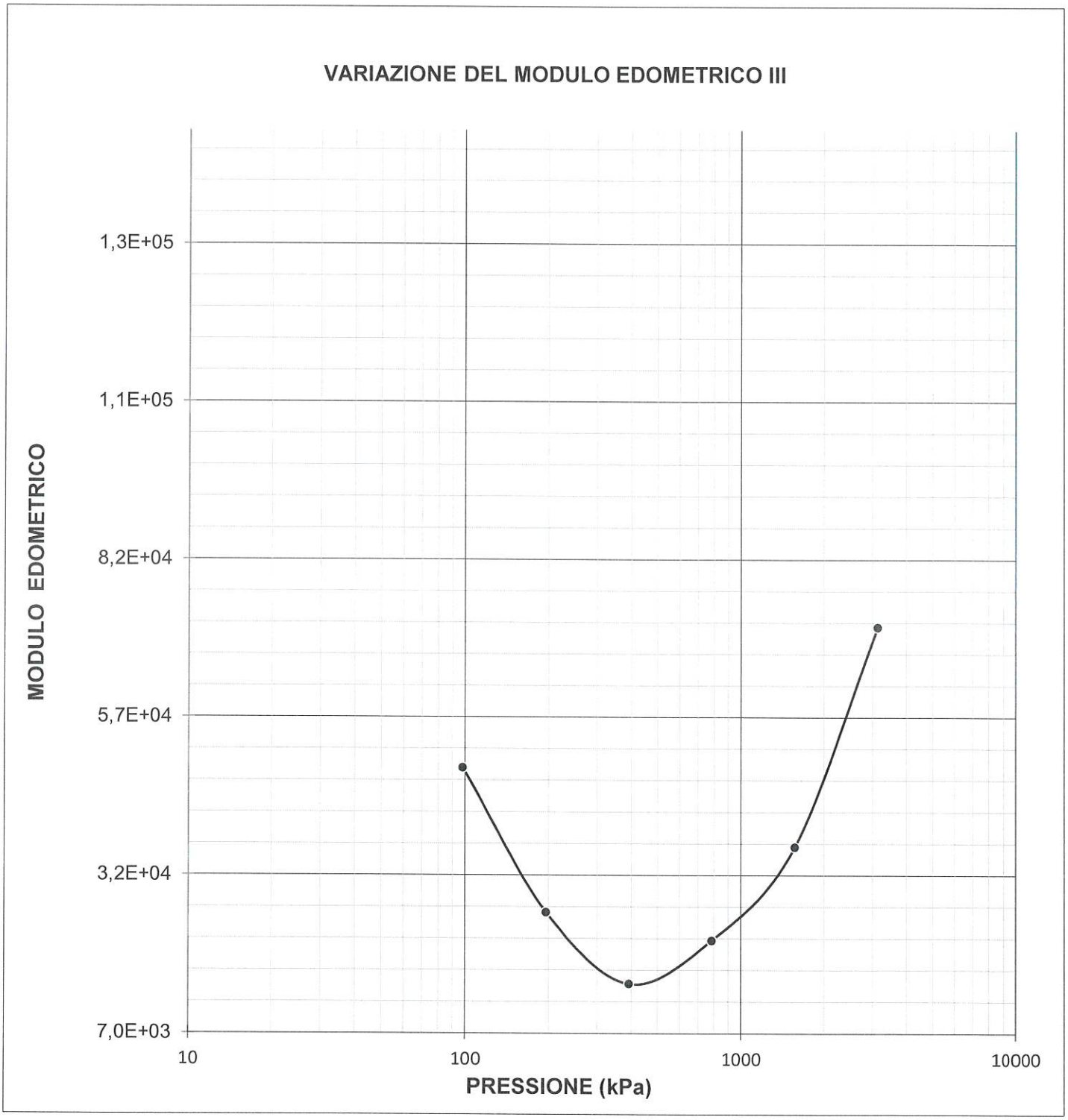


Commessa: 030/25

ID Campione: S3 CI1

Io sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

Il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli



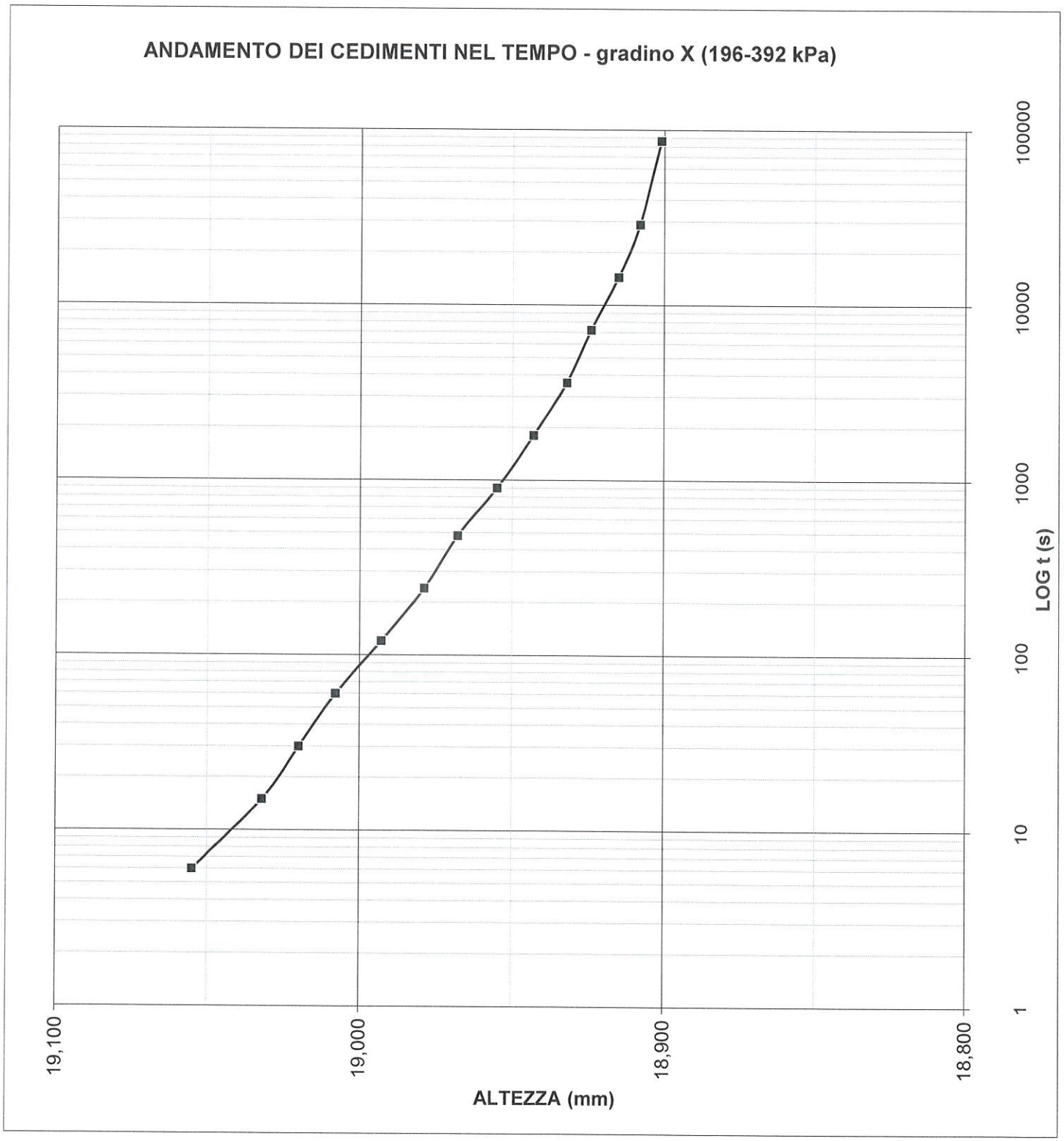
Commessa: 030/25

ID Campione: S3 CI1

Io sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

Il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino X (196-392 kPa)



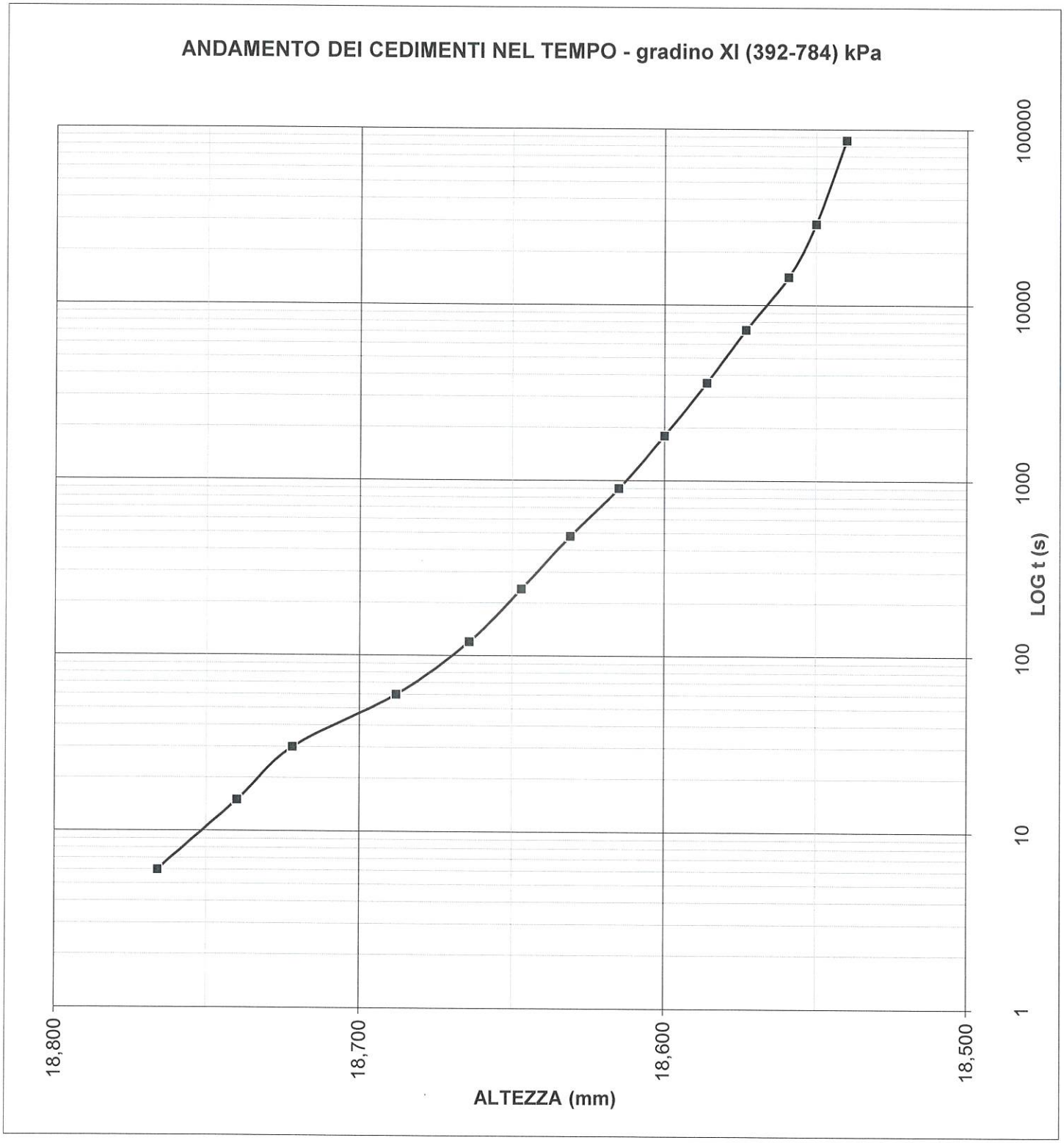
Commessa: 030/25

ID Campione: S3 CI1

Io sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

Il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino XI (392-784) kPa



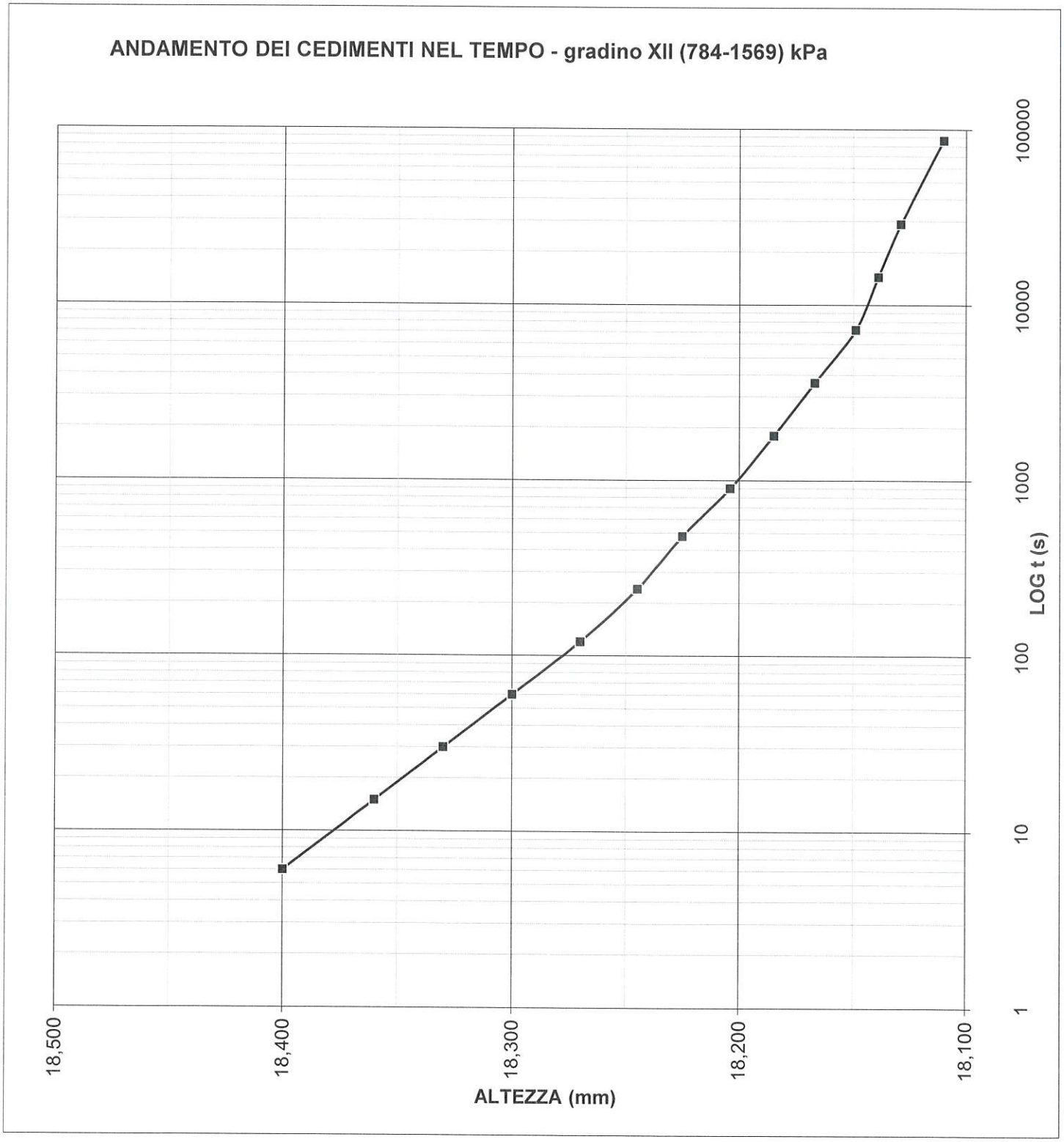
Commessa: 030/25

ID Campione: S3 CI1

Io sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino XII (784-1569) kPa



Commessa: 030/25

ID Campione: S3 CI1

Io sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B

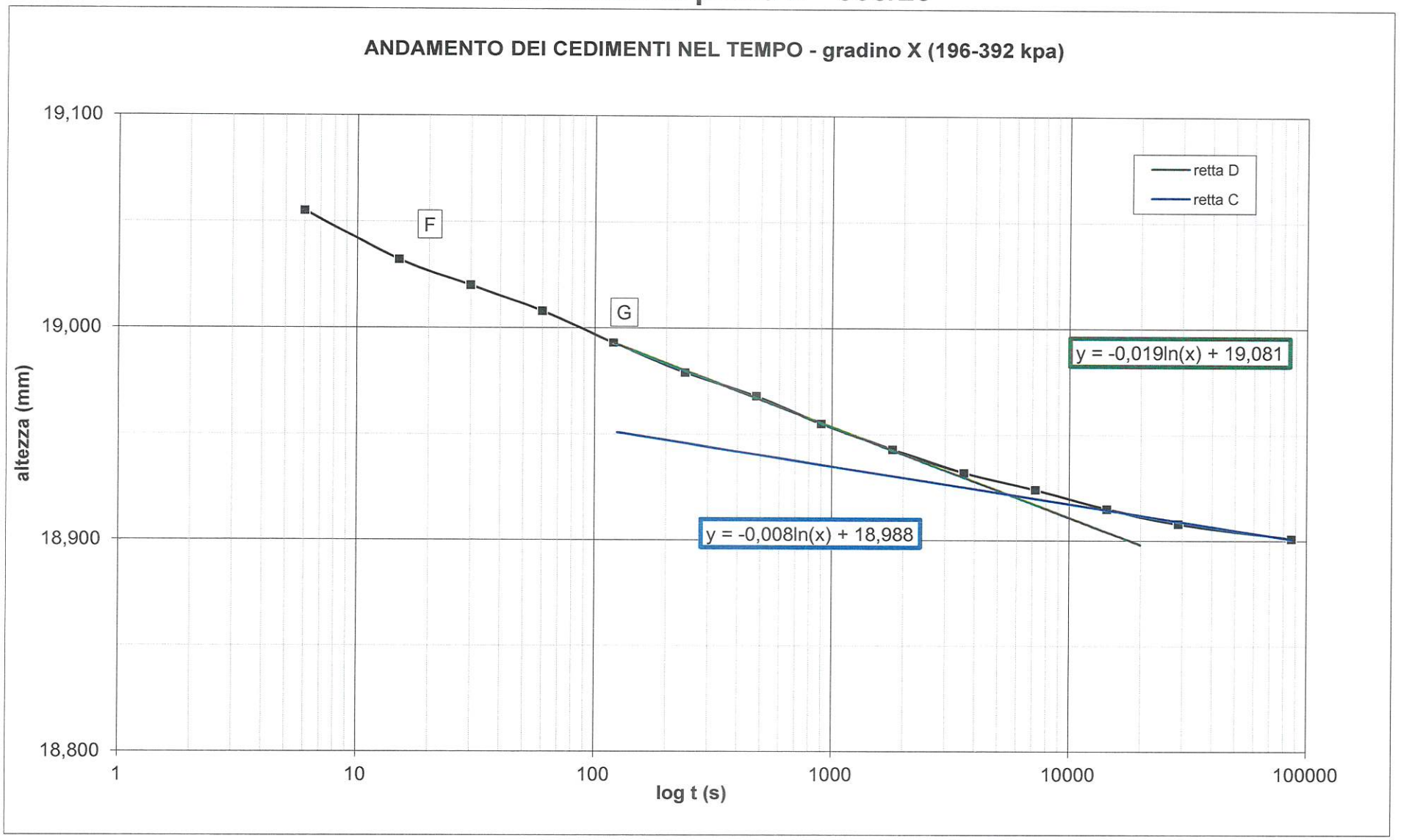
SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: CI1

cedimento a inizio di prova		0,835	mm	gradino X (196-392 kPa)
altezza iniziale	h_0 =	1,907	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	h_{100} =	1,894	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	h_{50} =	1,900	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	t_{50} =	66	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	t_{100} =	2447	s	
coefficiente di consolidazione	**C_v =**	**2,71E-03**	cm^2/s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	**m_v =**	**6,73E-05**	kPa^{-1}	
coefficiente di permeabilità verticale	**K_v =**	**1,82E-08**	cm/s	

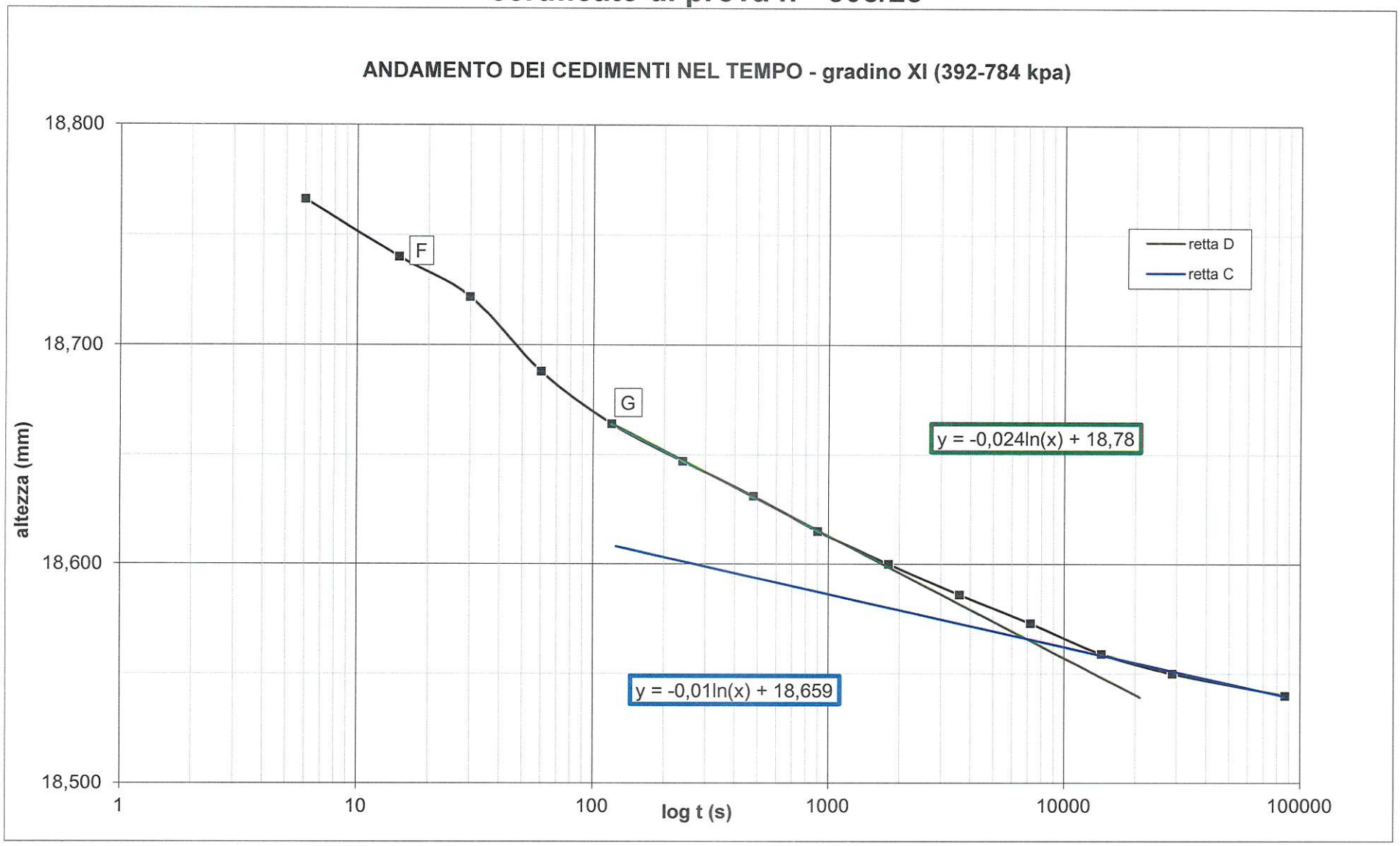
cedimento a inizio di prova		1,099	mm	gradino XI (392-785 kPa)
altezza iniziale	h_0 =	1,882	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	h_{100} =	1,857	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	h_{50} =	1,869	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	t_{50} =	39	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	t_{100} =	6889	s	
coefficiente di consolidazione	**C_v =**	**4,38E-03**	cm^2/s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	**m_v =**	**4,60E-05**	kPa^{-1}	
coefficiente di permeabilità verticale	**K_v =**	**2,02E-08**	cm/s	

cedimento a inizio di prova		1,460	mm	gradino XII (785-1596 kPa)
altezza iniziale	h_0 =	1,845	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	h_{100} =	1,816	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	h_{50} =	1,831	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	t_{50} =	38	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	t_{100} =	3300	s	
coefficiente di consolidazione	**C_v =**	**4,29E-03**	cm^2/s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	**m_v =**	**2,74E-05**	kPa^{-1}	
coefficiente di permeabilità verticale	**K_v =**	**1,18E-08**	cm/s	

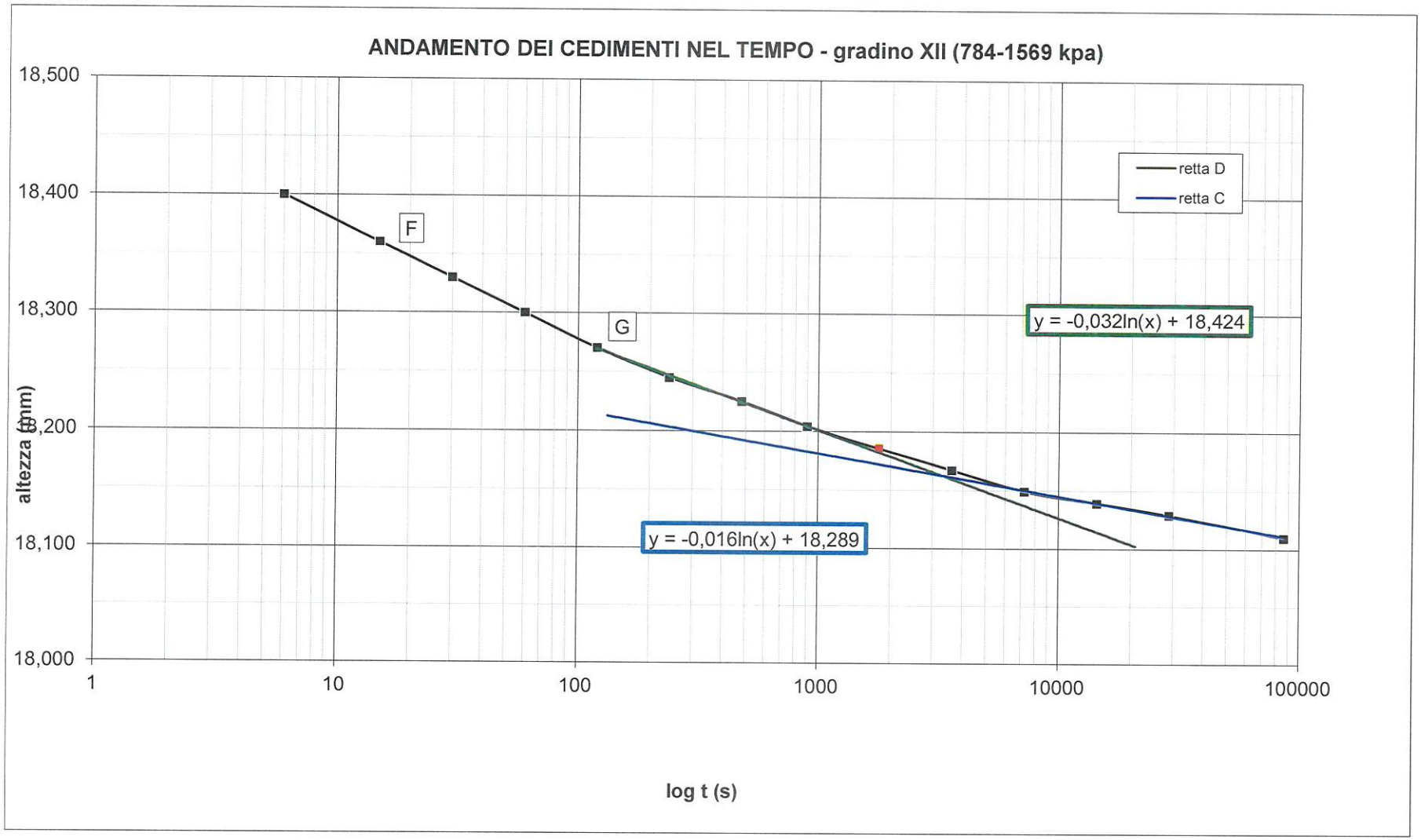
certificato di prova n° 505/25



certificato di prova n° 505/25



certificato di prova n° 505/25



C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 1
PROFONDITÀ (m): 4,00-5,00
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/3 dark brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 C.R.1 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 1
PROFONDITÀ (m): 4,00-5,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 971,18

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	971,18	100,00
38,1	135,62	835,56	86,04
25,4	250,43	720,75	74,21
19,05	349,10	622,08	64,05
12,7	451,64	519,54	53,50
9,5	540,06	431,12	44,39
4,75	592,54	378,64	38,99
2	641,83	329,35	33,91
1	692,01	279,17	28,75
0,425	725,66	245,52	25,28
0,25	755,68	215,50	22,19
0,125	782,72	188,46	19,41
0,075	793,54	177,64	18,29

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

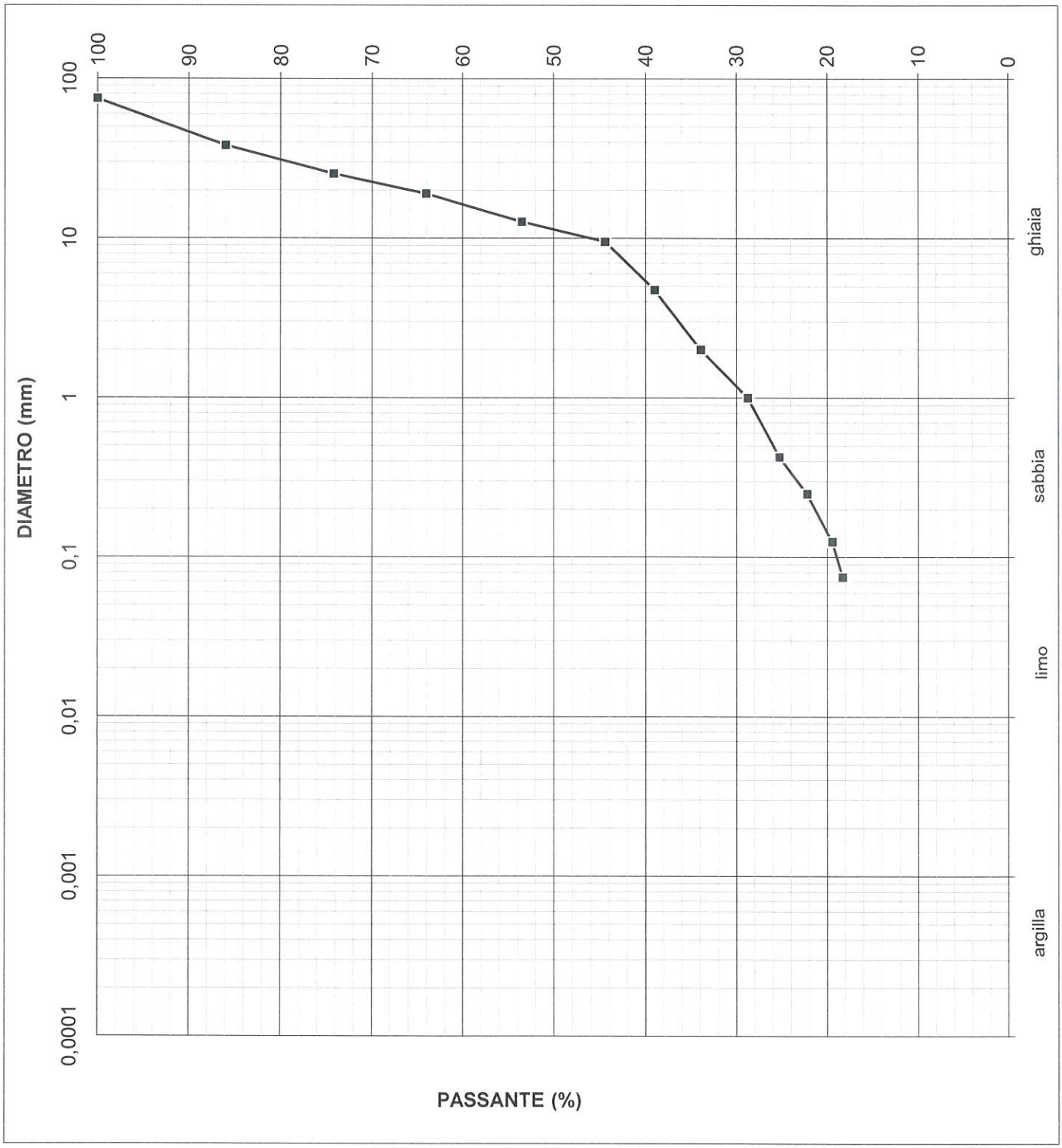
composizione granulometrica	
% ghiaia	61,0
% sabbia	20,7
% limo	18,3
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S3 C.R.1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 1
PROFONDITÀ (m): 4,00-5,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S3 C.R.1**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 2
PROFONDITÀ (m): 6,00-7,00
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 5/2 grayish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 C.R.2 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 2
PROFONDITÀ (m): 6,00-7,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 538,37

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	538,37	100,00
38,1	0,00	538,37	100,00
25,4	99,36	439,01	81,54
19,05	167,50	370,87	68,89
12,7	236,85	301,52	56,01
9,5	296,53	241,84	44,92
4,75	360,16	178,21	33,10
2	392,78	145,59	27,04
1	430,59	107,78	20,02
0,425	454,23	84,14	15,63
0,25	474,73	63,64	11,82
0,125	486,87	51,50	9,57
0,075	495,53	42,84	7,96

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S3 C.R.2
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0
densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

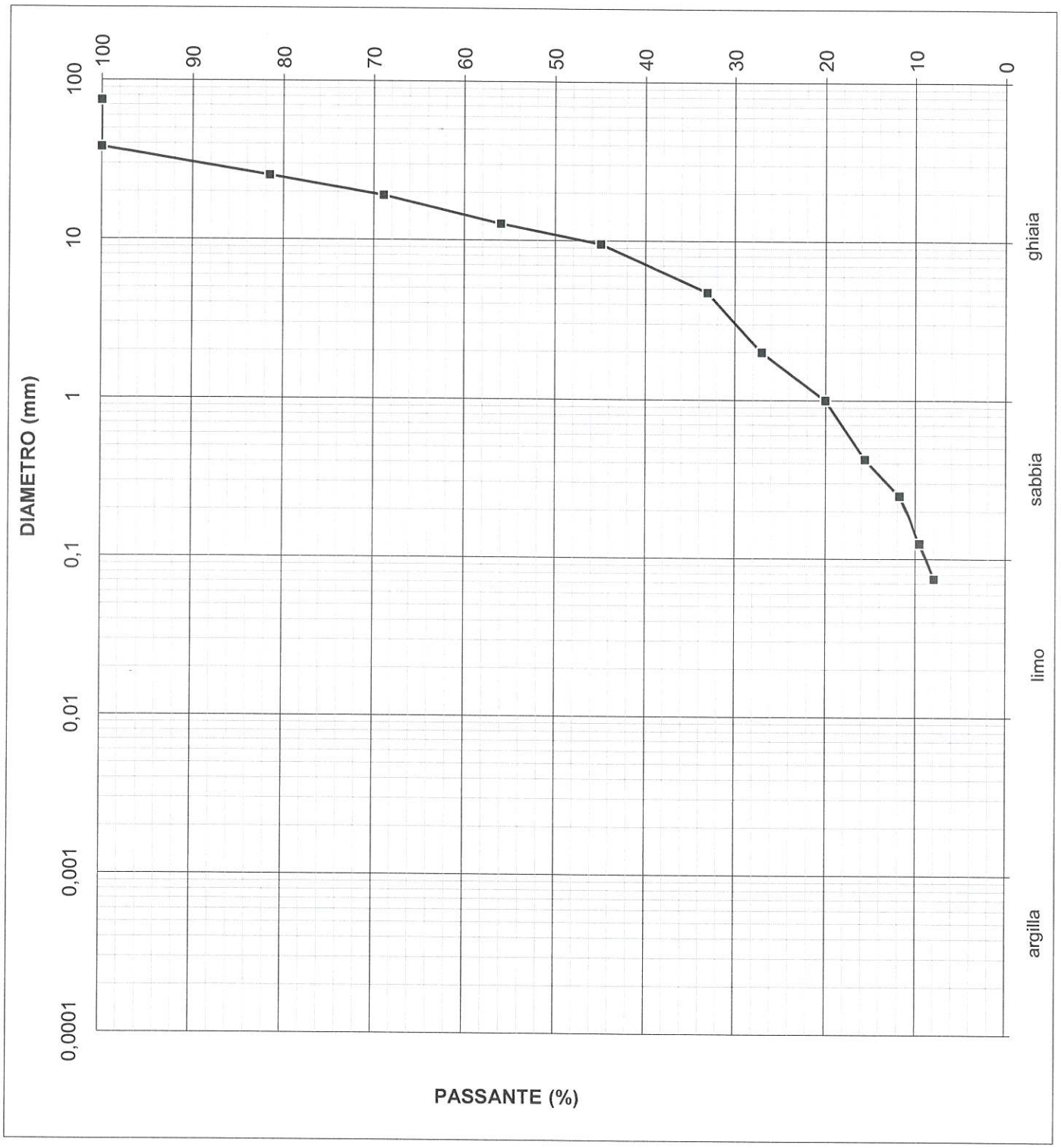
composizione granulometrica	
% ghiaia	66,9
% sabbia	25,1
% limo	8,0
% argilla	

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 C.R.2

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 2
PROFONDITÀ (m): 6,00-7,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S3 C.R.2**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 3
PROFONDITÀ (m): 8,00-9,00
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 5/2 grayish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 C.R.3 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.3	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 3
PROFONDITÀ (m): 8,00-9,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S3 C.R.3**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 3
PROFONDITÀ (m): 8,00-9,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 616,98

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	616,98	100,00
38,1	0,00	616,98	100,00
25,4	75,41	541,57	87,78
19,05	135,75	481,23	78,00
12,7	195,00	421,98	68,39
9,5	255,12	361,86	58,65
4,75	330,60	286,38	46,42
2	371,98	245,00	39,71
1	410,27	206,71	33,50
0,425	449,92	167,06	27,08
0,25	492,69	124,29	20,14
0,125	514,70	102,28	16,58
0,075	520,39	96,59	15,66

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.3	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

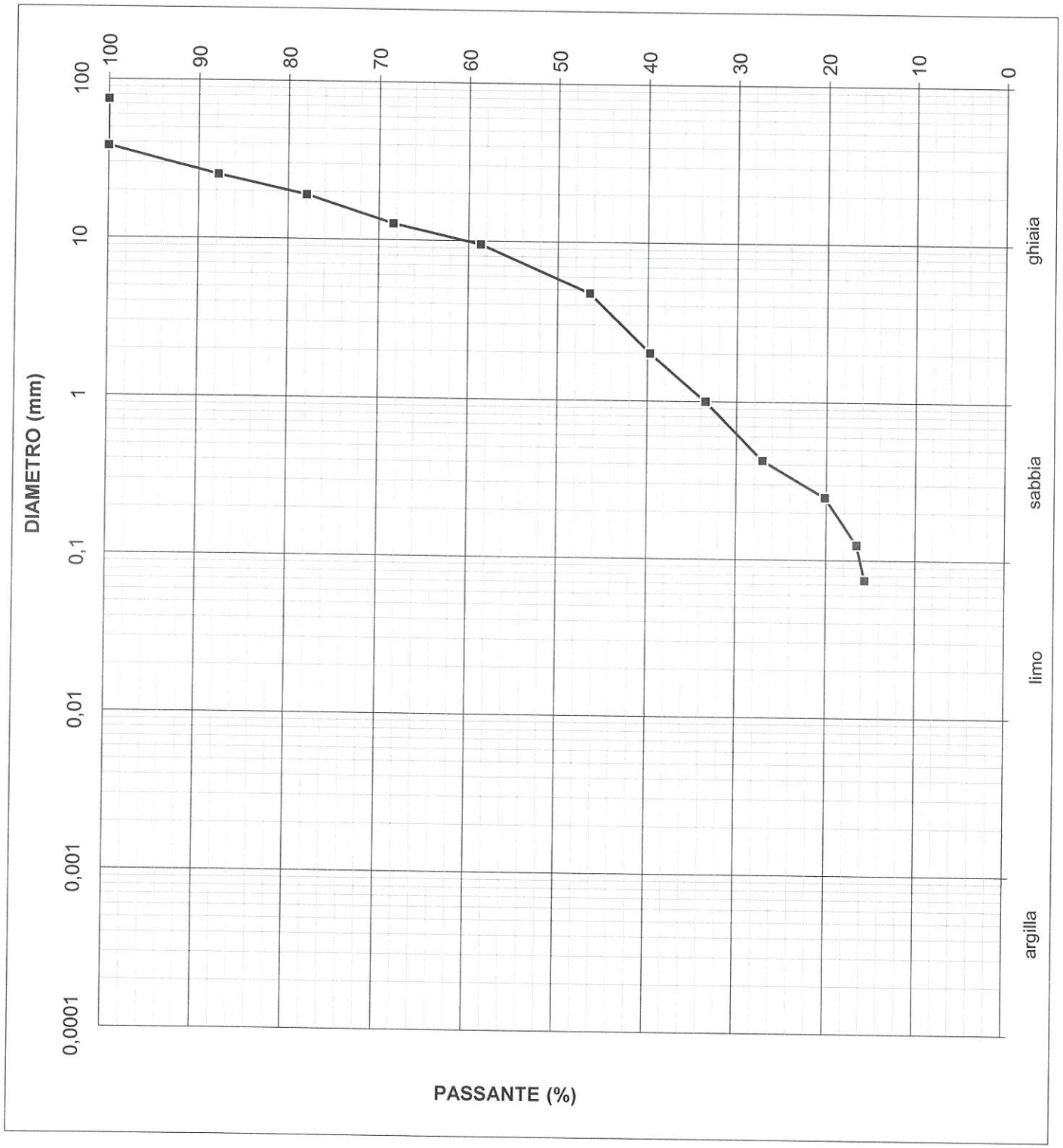
composizione granulometrica	
% ghiaia	53,6
% sabbia	30,8
% limo	15,7
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S3 C.R.3

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.3	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 4
PROFONDITÀ (m): 12,00-13,00
DATA DI PRELIEVO: 27/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 5/2 grayish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**Sperimentatore:**	**Direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S3 C.R.4**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 4
PROFONDITÀ (m): 12,00-13,00
DATA PRELIEVO: 27/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 1217,96

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	1217,96	100,00
38,1	254,14	963,82	79,13
25,4	352,49	865,47	71,06
19,05	433,77	784,19	64,39
12,7	544,12	673,84	55,33
9,5	623,47	594,49	48,81
4,75	710,61	507,35	41,66
2	776,96	441,00	36,21
1	849,10	368,86	30,29
0,425	908,34	309,62	25,42
0,25	963,96	254,00	20,85
0,125	984,34	233,62	19,18
0,075	998,02	219,94	18,06

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0
densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

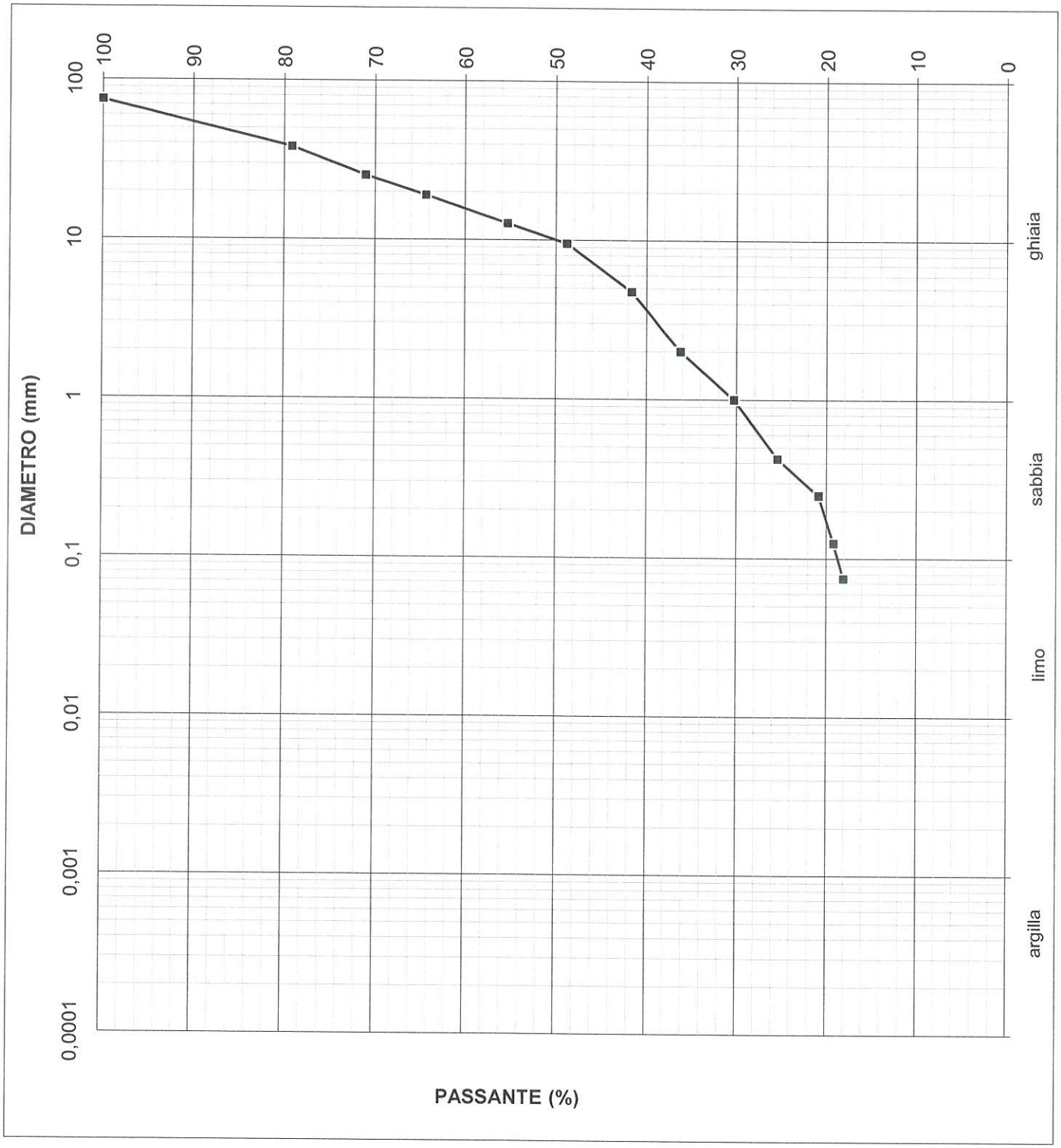
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	58,3
% sabbia	23,6
% limo	18,1
% argilla	

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 4
PROFONDITÀ (m): 12,00-13,00
DATA PRELIEVO: 27/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 5
PROFONDITÀ (m): 14,00-15,00
DATA DI PRELIEVO: 27/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 5/3 brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 C.R.5 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.5	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 5
PROFONDITÀ (m): 14,00-15,00
DATA PRELIEVO: 27/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 891,29

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	891,29	100,00
38,1	0,00	891,29	100,00
25,4	136,52	754,77	84,68
19,05	231,09	660,20	74,07
12,7	306,57	584,72	65,60
9,5	401,81	489,48	54,92
4,75	447,67	443,62	49,77
2	494,96	396,33	44,47
1	558,25	333,04	37,37
0,425	600,40	290,89	32,64
0,25	659,87	231,42	25,96
0,125	688,79	202,50	22,72
0,075	727,33	163,96	18,40

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.5	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

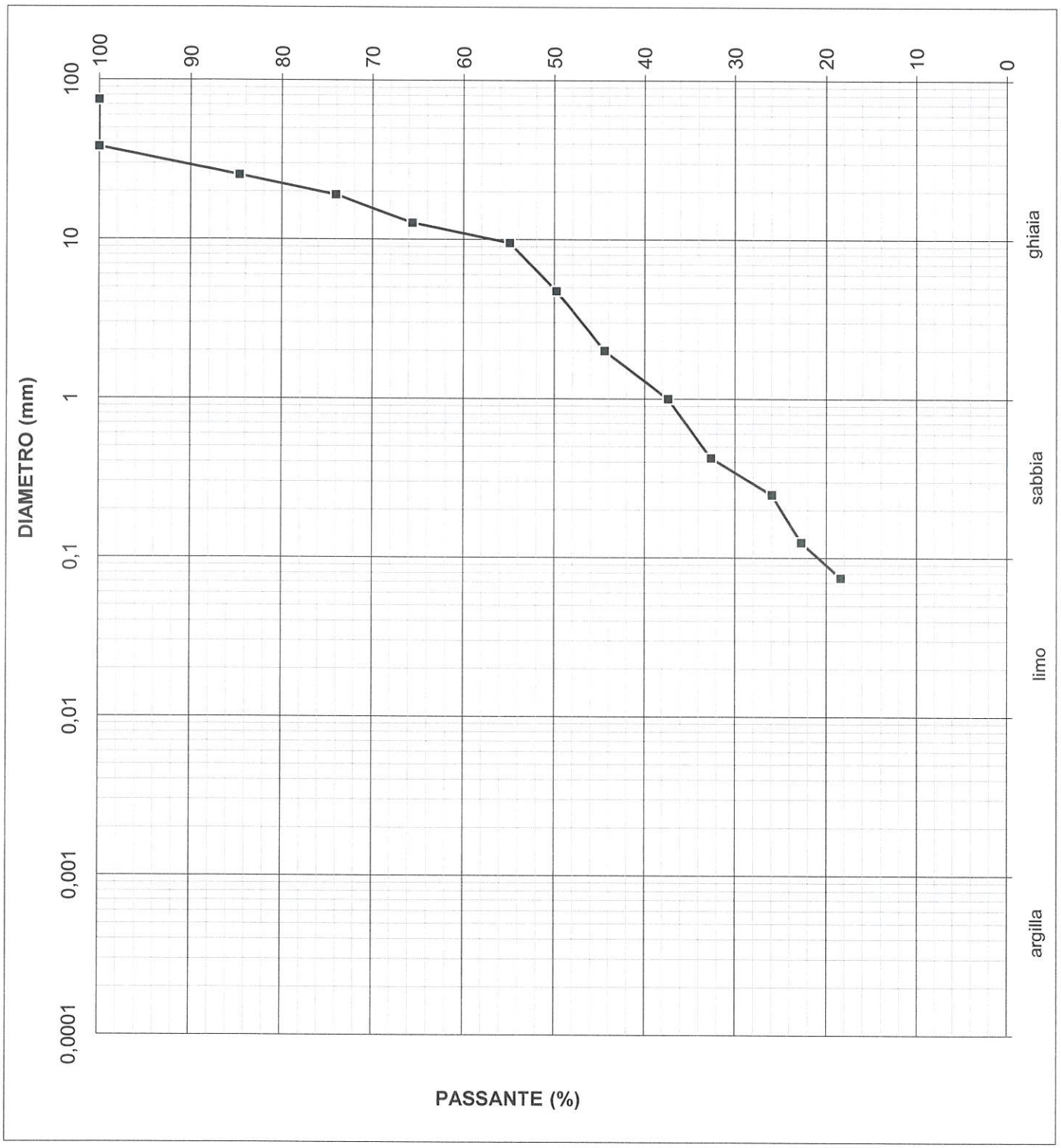
composizione granulometrica	
% ghiaia	50,2
% sabbia	31,4
% limo	18,4
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S3 C.R.5

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.5	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 5
PROFONDITÀ (m): 14,00-15,00
DATA PRELIEVO: 27/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S3 C.R.5**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 6
PROFONDITÀ (m): 16,00-17,00
DATA DI PRELIEVO: 27/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 5/2 grayish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 C.R.6 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 6
PROFONDITÀ (m): 16,00-17,00
DATA PRELIEVO: 27/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 1077,52

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	1077,52	100,00
38,1	0,00	1077,52	100,00
25,4	214,52	863,00	80,09
19,05	330,90	746,62	69,29
12,7	423,37	654,15	60,71
9,5	499,72	577,80	53,62
4,75	557,86	519,66	48,23
2	627,24	450,28	41,79
1	698,26	379,26	35,20
0,425	739,44	338,08	31,38
0,25	765,25	312,27	28,98
0,125	781,63	295,89	27,46
0,075	794,96	282,56	26,22

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

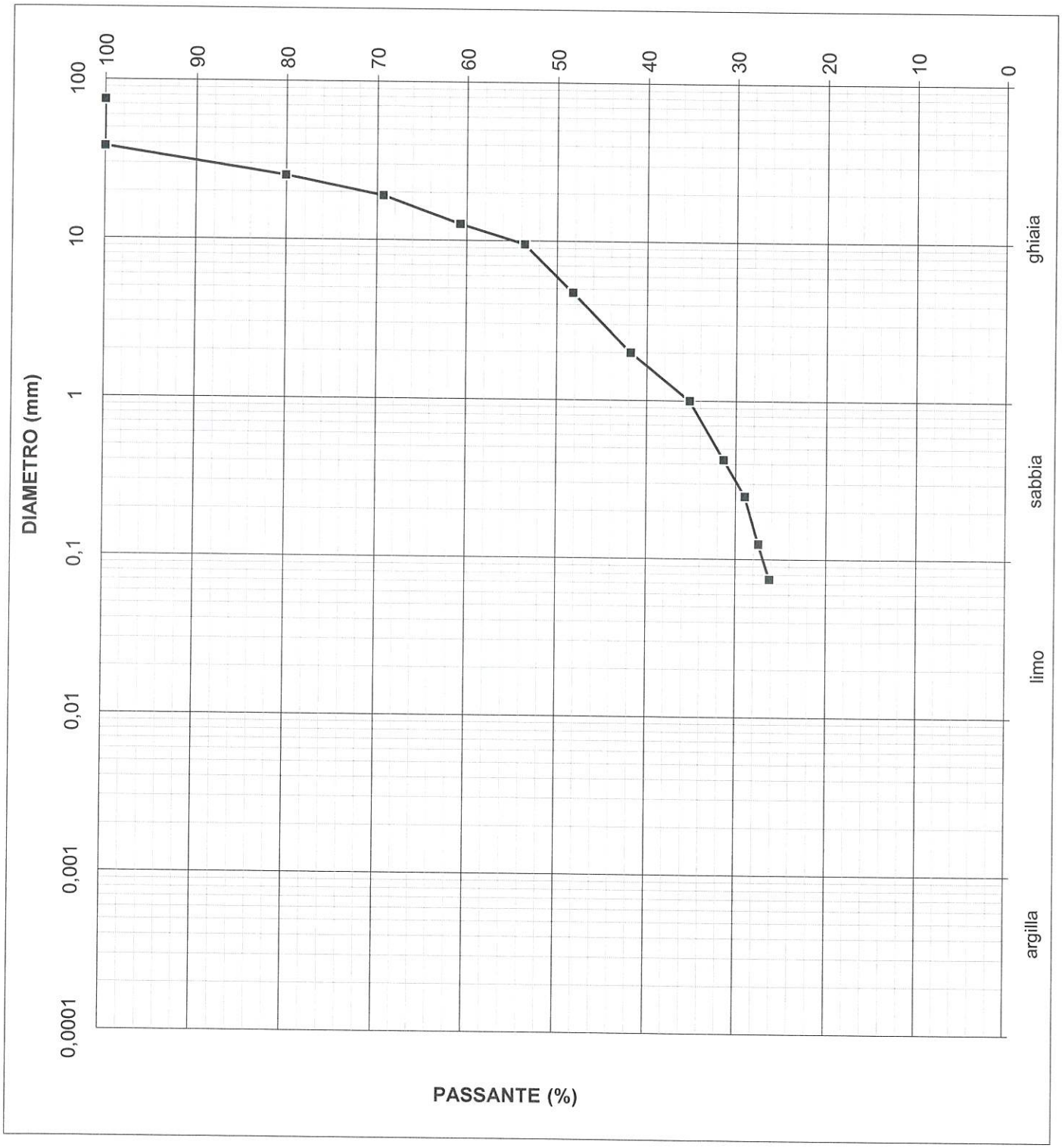
composizione granulometrica	
% ghiaia	51,8
% sabbia	22,0
% limo	26,2
% argilla	

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 C.R.6

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 6
PROFONDITÀ (m): 16,00-17,00
DATA PRELIEVO: 27/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 7
PROFONDITÀ (m): 18,00-19,00
DATA DI PRELIEVO: 27/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 5/2 grayish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

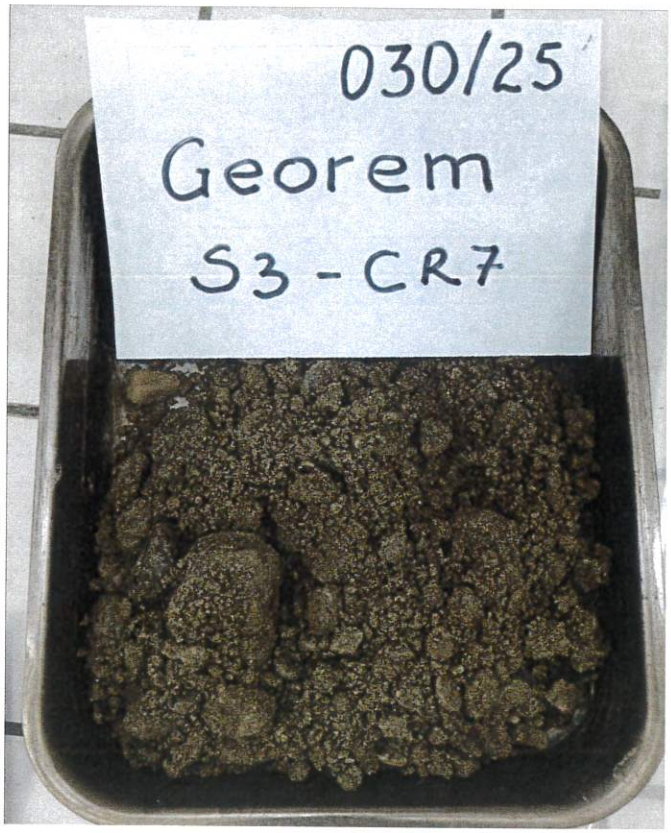
Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 C.R.7 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE



commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.7	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 7
PROFONDITÀ (m): 18,00-19,00
DATA PRELIEVO: 27/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 872,15

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	872,15	100,00
38,1	227,52	644,63	73,91
25,4	318,67	553,48	63,46
19,05	388,78	483,37	55,42
12,7	490,67	381,48	43,74
9,5	563,91	308,24	35,34
4,75	619,54	252,61	28,96
2	660,45	211,70	24,27
1	719,58	152,57	17,49
0,425	785,84	86,31	9,90
0,25	816,03	56,12	6,43
0,125	834,88	37,27	4,27
0,075	849,24	22,91	2,63

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S3 C.R.7
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

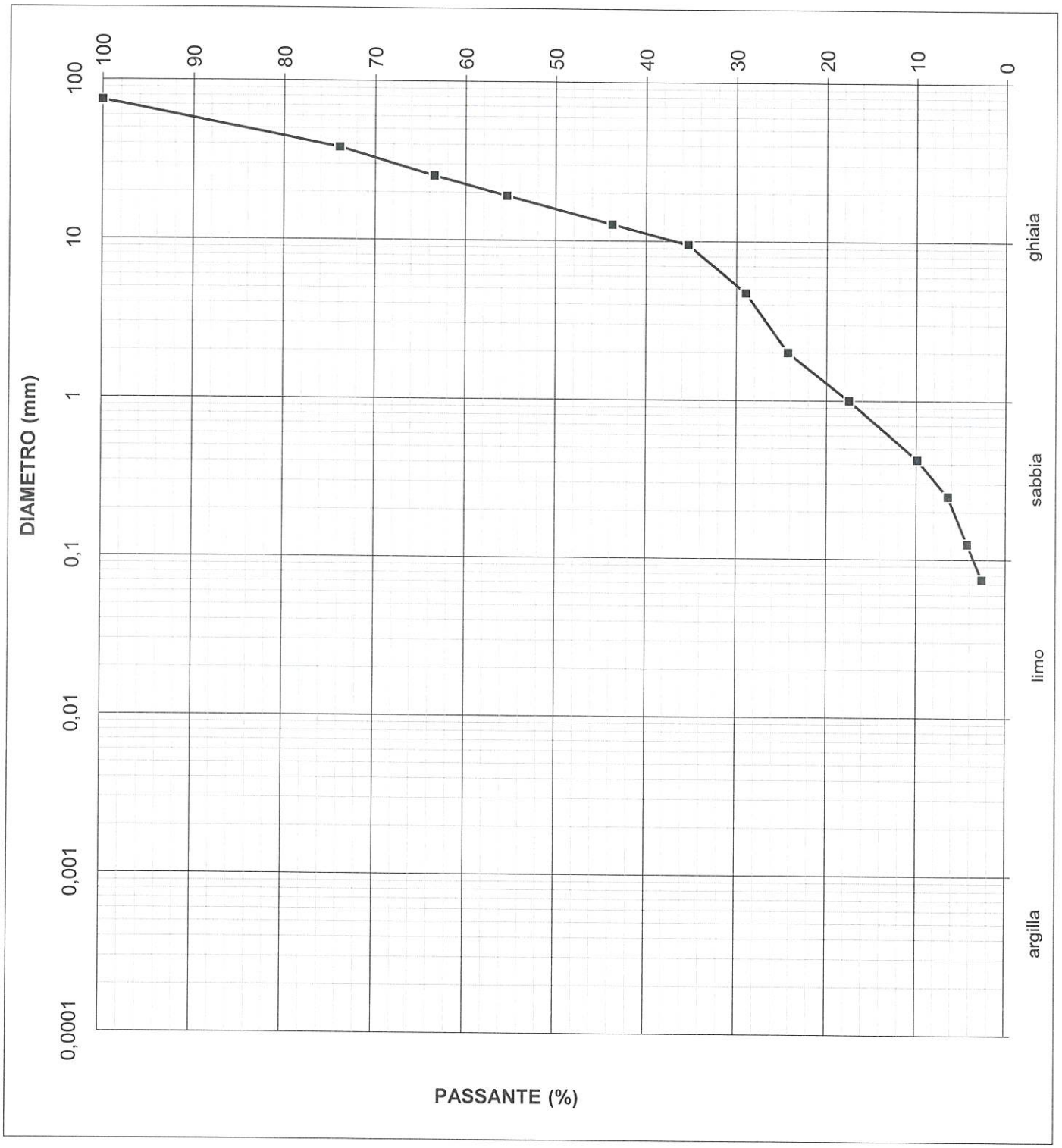
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	71,0
% sabbia	26,3
% limo	2,6
% argilla	

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S3 C.R.7
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.7	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 7
PROFONDITÀ (m): 18,00-19,00
DATA PRELIEVO: 27/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S3 C.R.7

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

ALLEGATO 4 – DOCUMENTAZIONE PROVE MASW/HVSR

Risultati indagini geofisiche

RAPPRESENTAZIONE ED INTERPRETAZIONE DATI SISMICI M.A.S.W.

Al fine di fornire i valori delle V_s, necessarie per la caratterizzazione sismica del sito, è stata realizzata una stesa sismica denominata L1, di lunghezza pari a 60,0 metri con distanza intergeofonica pari a 5,0 metri. L'energizzazione del terreno (sorgente di energia), per la lettura dei tempi di arrivo delle onde Superficiali (Rayleigh), è stata ottenuta impiegando una mazza battente da 10 kg in senso verticale su di una piastra in lega di alluminio aderente al suolo. L'energizzazione è stata effettuata agli estremi dello stendimento ad una distanza di 5,0 metri ed è stata eseguita più volte per garantire l'apprezzabilità dei segnali raccolti dal sistema di acquisizione dati.

Si riporta di seguito il sismogramma frutto della somma di ciascuna acquisizione, filtrato di eventuali disturbi di fondo, scelto per la modellazione (fig. 1):

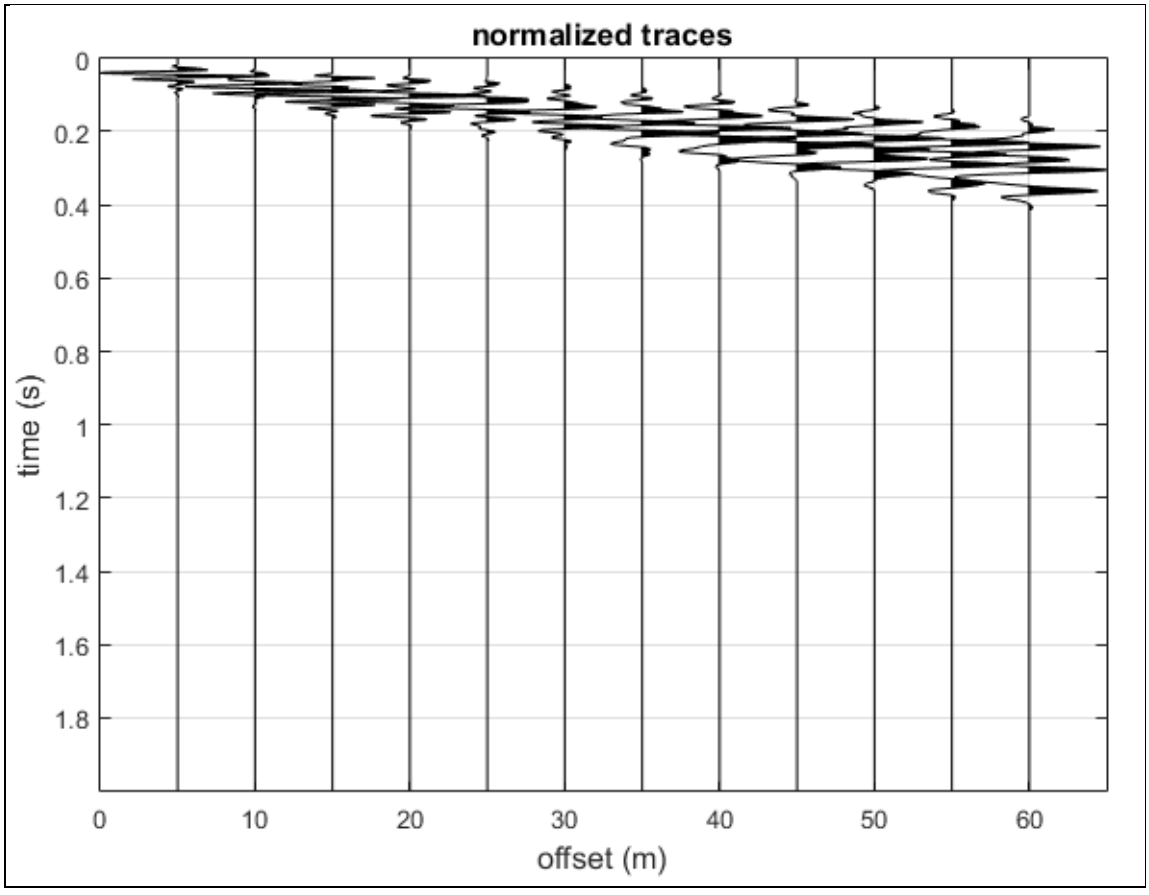


Figura 1: Sismogramma ZVF (onde Rayleigh) base sismica **L1**.

L’elaborazione del sismogramma ha consentito di estrapolare lo spettro di velocità dal quale si è risalito tramite picking alla curva di dispersione (fig. 2) che consente di ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.

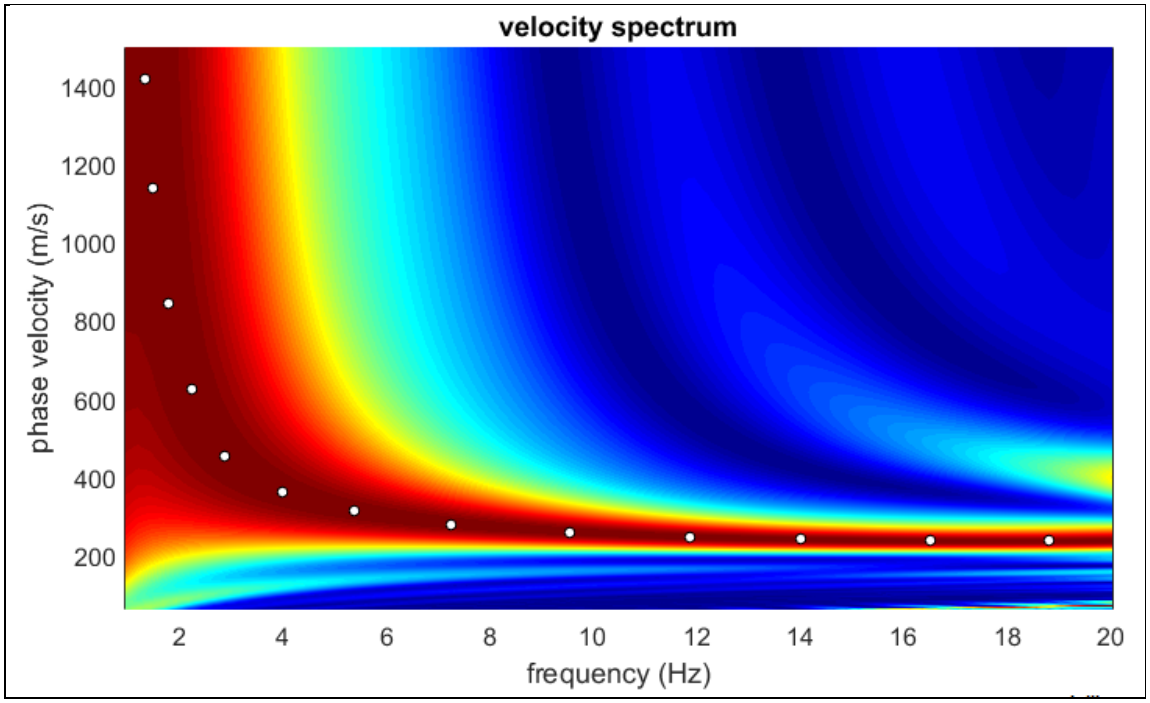


Figura 2: Spettro di velocità base sismica **L1** con picking.

RICOSTRUZIONE DEL SOTTOSUOLO

Dall’inversione della curva di dispersione si è ottenuta la ricostruzione del sottosuolo in orizzonti aventi differenti spessori e valori di velocità:

L1		
Spessore (m)	**Profondità (m)**	**V_S (m/sec)**
0,8	0,0-0,8	**235**
2,7	0,8-3,5	**262**
3,6	3,5-7,1	**288**
3,7	7,1-10,8	**269**
6,7	10,8-17,5	**301**
6,8	17,5-24,3	**371**
2,9	24,3-27,2	**416**
2,8	27,2-30,0	**451**

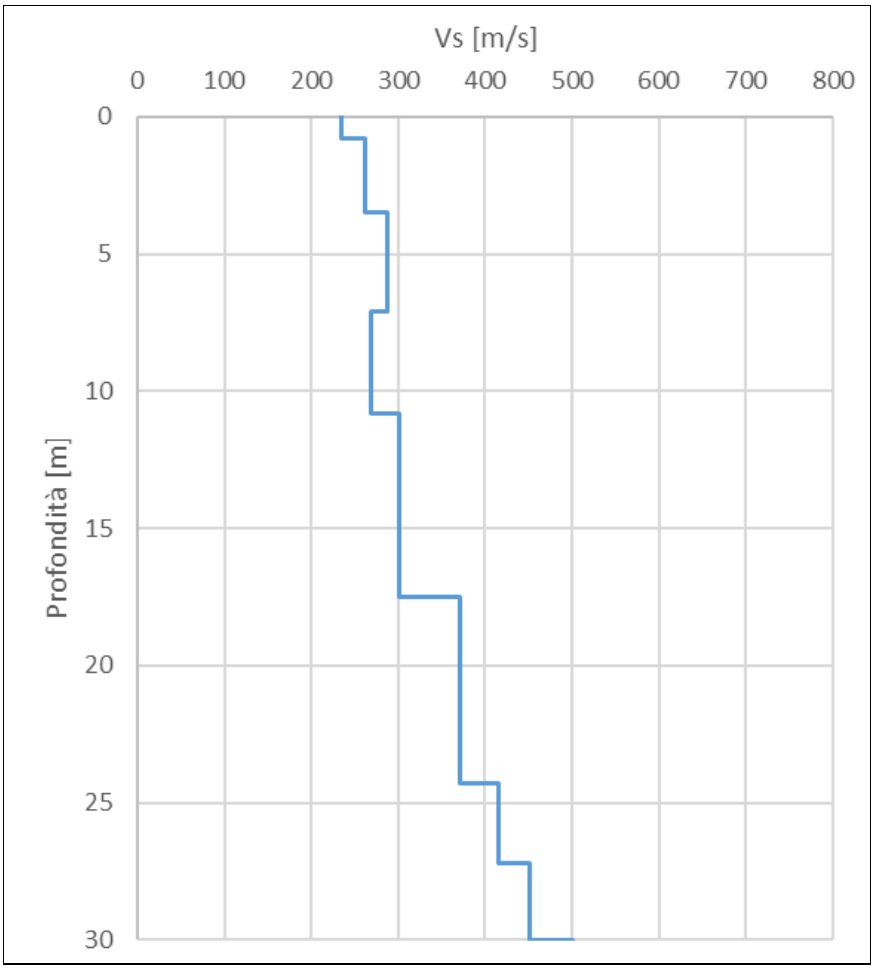


Figura 3: Diagramma delle velocità V_s riferite ai vari strati intercettati nella base sismica **L1**.

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Per quanto riguarda la determinazione della categoria di sottosuolo il D.M. 17.01.2018 prevede una classificazione in cinque categorie principali riportate nella tabella 3.2.II (fig. 4) definite in base ai valori della velocità equivalente $V_{S,eq}$ corrispondente alla velocità media di propagazione delle onde sismiche di taglio a partire dal piano di fondazione (per fondazioni superficiali e per muri di sostegno di terrapieni), dalla testa dei pali o dalla testa dell'opera (per opere di sostegno di terreni naturali), fino alla profondità del substrato sismico, definito come quella formazione caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità di tale substrato superiore a 30m la velocità equivalente $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, considerando le proprietà degli strati di terreno fino alla profondità di 30m.

L'espressione per la determinazione della velocità equivalente $V_{S,eq}$ è la seguente:

$$V_{s,eq} \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_i}}$$

hi = Spessore in metri dello strato i-esimo
Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima
N = Numero di strati
H = Profondità del substrato sismico con Vs>800m/s

Per il sito in esame la categoria di sottosuolo è stata determinata tramite i dati ottenuti dallo stendimento sismico con metodologia M.A.S.W.+H.V.S.R. eseguito in corrispondenza dell'area di indagine.

Dall'elaborazione di tali dati il terreno presenta per la linea eseguita, valori delle **$V_{s,eq}$** corrispondenti alle **$V_{s,30}$** (il substrato sismico non è stato individuato nei primi 30m di profondità) pari a **320,06 m/s**, riferiti all'attuale piano campagna; il terreno è pertanto classificabile in **categoria C** "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,* caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D,* con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 4: Tabella 3.2.II "Categorie di sottosuolo" – D.M. 17.01.2018.

ANALISI DI 2° LIVELLO

Effetti litologici – Stima del Fattore di Amplificazione F_a

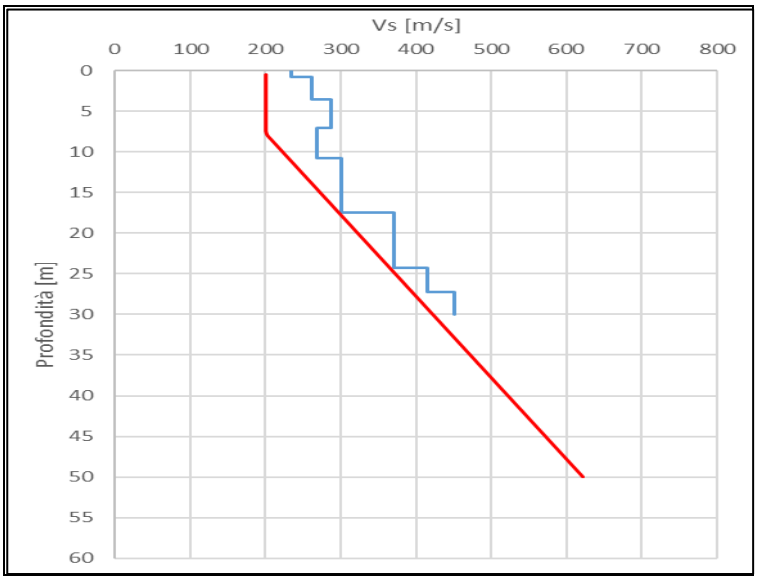
La valutazione degli effetti di amplificazione dovuti alla litologia è avvenuta mediante la procedura semplificata di 2° livello riportata nella D.G.R. 8/7374 del 28 Maggio 2008 e successivamente ripresa dalla D.G.R. IX/2616 del 30 Novembre 2011 di Regione Lombardia; la sua applicazione richiede la conoscenza della litologia prevalente dei materiali presenti in sito; e dell'andamento delle $V_{S,eq}$ con la profondità (spessore e velocità $V_{S,eq}$ di ciascuno strato); per la loro determinazione sono stati utilizzati i risultati ottenuti dalla esecuzione delle prove penetrometriche realizzate in sito unitamente ai dati relativi ad indagini geognostiche già realizzate ed alle stratigrafie delle indagini eseguite sul territorio comunale oltre che ai risultati emersi dall'esecuzione dell'indagine geofisica M.A.S.W.. La procedura fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valori di Fattori di Amplificazione (F_a) dal punto di vista degli effetti litologici, al fine di determinare se la normativa nazionale risulta sufficiente o meno nella stima degli effetti di amplificazione sismica locale sulla base del confronto tra gli F_a calcolati e quelli di riferimento indicati dalla Regione Lombardia per ciascun comune; lo studio è condotto con metodi quantitativi semplificati, validi per le amplificazioni litologiche ed è utilizzato per caratterizzare l'area in esame in funzione del fattore F_a. Tale valore di F_a si riferisce quindi agli intervalli di periodo 0.1-0.5s e 0.5-1.5s, in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più rappresentate sul territorio regionale, rispettivamente riferibili a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide (max. 4 piani) ed a strutture alte e flessibili (5 o più piani).

Sulla base dei parametri geotecnici e litologici si individua la litologia prevalente del sito e da questa si sceglie la relativa scheda di riferimento tra quelle riportate nella citata normativa regionale, che può essere utilizzata se l'andamento delle $V_{S,eq}$ ricade nel campo di validità dell'apposito diagramma riportato nella scheda. Successivamente ricavando lo spessore del primo "sismo-strato" con $V_{S,eq}$ pari ad almeno 200 m/s (il cui spessore deve essere di almeno 4 metri) si determina quali curve tra quelle riportate nella scheda per i due diversi intervalli di periodo descritti occorre utilizzare per la valutazione del Fattore di Amplificazione, sulla base del periodo T del sito (calcolato a partire dall'andamento delle $V_{S,eq}$ con la profondità fino agli 800 m/s direttamente misurati o ipotizzati con adeguato gradiente).

STIMA DEGLI EFFETTI LITOLOGICI
ai sensi della D.G.R. IX/2616 - 30.11.2011 di Regione Lombardia

Scheda "LITOLOGIA LIMOSO-SABBIOSA TIPO 2"

L1		
Spess. (m)	**Prof. (m)**	**V_s (m/s)**
0,8	0,8	235
2,7	3,5	262
3,6	7,1	288
3,7	10,8	269
6,7	17,5	301
6,8	24,3	371
2,9	27,2	416
2,8	30,0	451

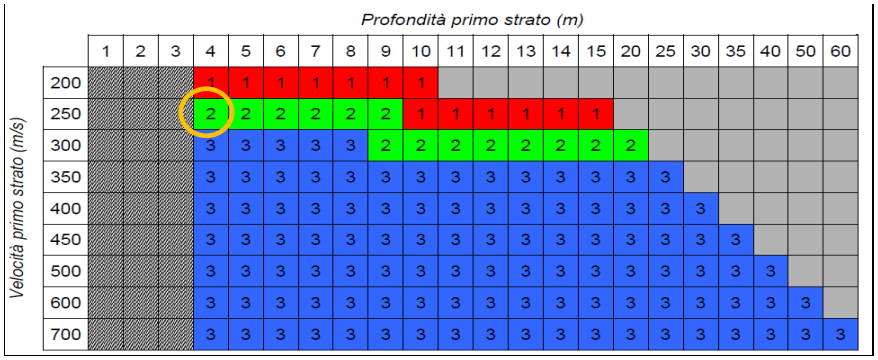


$V_{S,eq}$ (m/s)	Cat. sottosuolo
320,06	C

Periodo T (s)
0,68

Primo strato	
Prof. (m)	4,0
V_s (m/s)	259,9

Curva caratteristica	
n.	3



VERIFICA

Periodo	Valori F_a di sito	Valori F_a di soglia Comune di VIGNATE			
		Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1 < T < 0.5 s	**1,90**	1,40	**1,90**	2,20	2,00
0.5 < T < 1.5 s	**1,55**	1,70	**2,40**	4,20	3,10

La procedura ha permesso di stimare gli F_a con le schede di valutazione sopra riportate e di confrontarli con i corrispettivi valori di soglia, considerando una variabilità di ±0.1, che tiene conto la variabilità dei valori degli F_a ottenuti.

Dalla verifica deriva che, sia nel caso di edifici bassi che caso di edifici alti, il valore di F_a calcolato e riferito alla categoria di suolo C è inferiore al valore di riferimento; pertanto, lo spettro proposto dalla normativa per suoli di tipo C risulta sufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

RAPPRESENTAZIONE ED INTERPRETAZIONE DATI SISMICI H.V.S.R.

Al fine di fornire i valori di frequenza caratteristica del sito è stata eseguita una acquisizione puntuale (TR1) in passivo del microtremore sismico ambientale mediante geofono triassiale 3D per una durata di 20 minuti. Si riportano di seguito i relativi diagrammi H/V elaborati dalla misurazione effettuata sull'area (fig. 5, fig. 6, fig. 7).

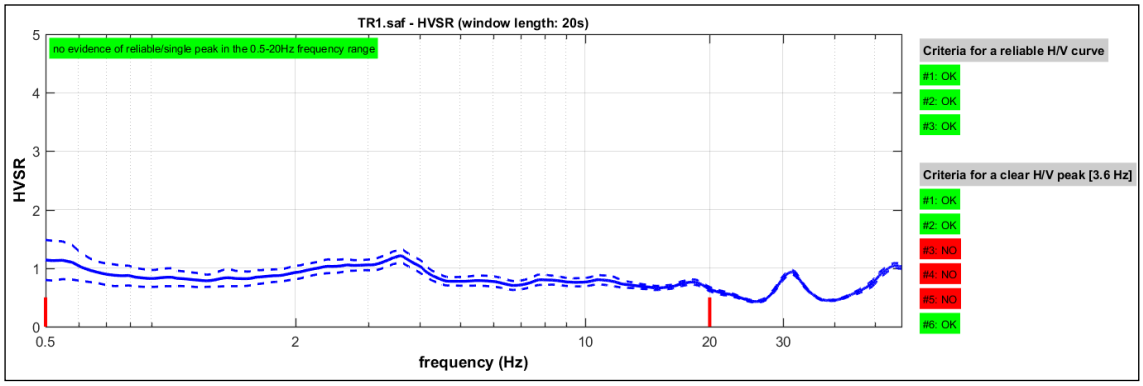


Figura 5: Rapporti spettrali H/V vs Hz rilevazione sismica passiva **TR1**.

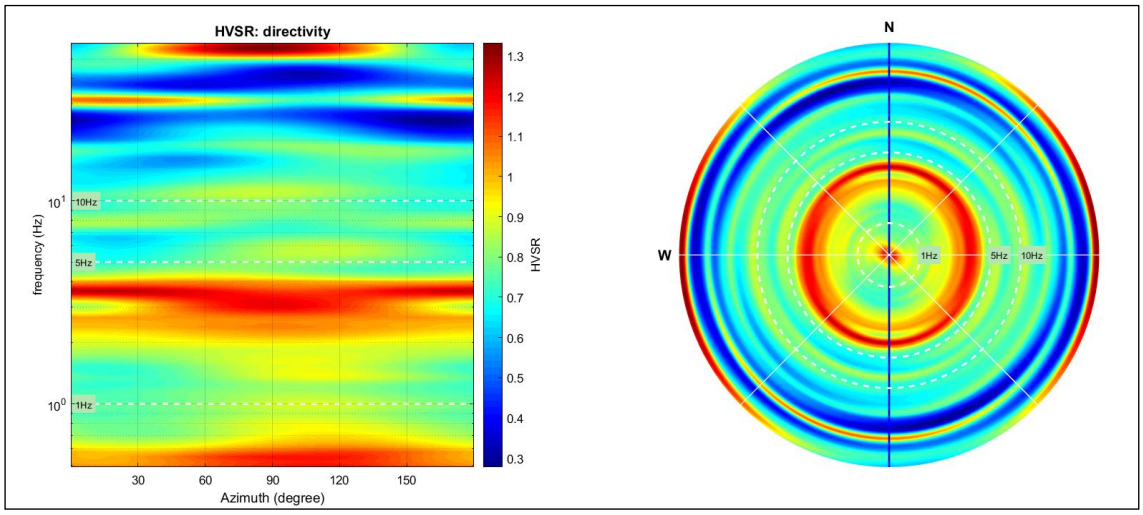


Figura 6: Direzionalità H/V rilevazione sismica passiva **TR1**.

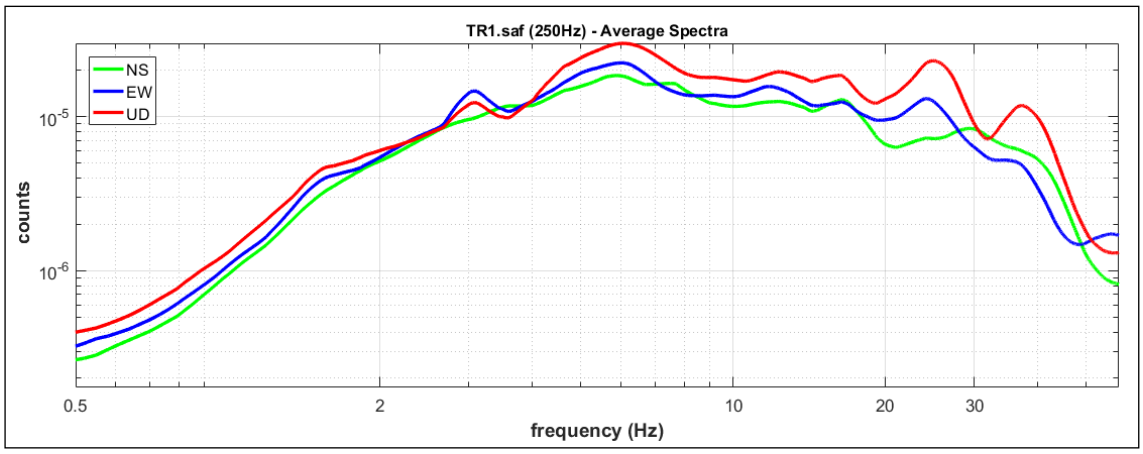


Figura 7: Spettri delle singole componenti rilevazione sismica passiva **TR1**.

FREQUENZA CARATTERISTICA DI RISONANZA DEL SITO

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dalla sua altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula:

freq. naturale edificio ≅ 10 Hz / numero piani

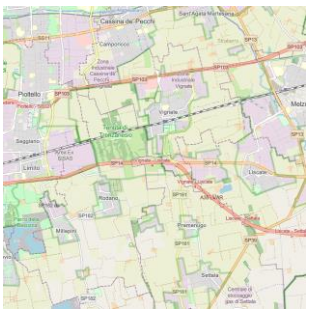
Si tenga conto che se si verifica la seguente somiglianza tra risonanza del terreno e della struttura, si creano condizioni di pericolo, perché si dà luogo alla massima amplificazione:

freq. naturale edificio ≅ freq. naturale coperture

Dall'elaborazione dei risultati e dall'analisi degli stessi non si osservano importanti contrasti di impedenza che generano picchi accentuati anche se è possibile è possibile riconosce un picco principale alla frequenza di 3.60 Hz.

Si evince che tali valori di frequenza caratteristica ed i valori di frequenza fondamentale di risonanza delle strutture esistenti ed in progetto dovranno essere sufficientemente diversi così da non comportare il verificarsi di fenomeni di doppia risonanza.

VIGNATE (MI)



RELAZIONE GEOTECNICA-SISMICA (R2)

D.M. 17.01.2018 (NTC 2018)

STACK MIL 05 B

VIA PUGLIA SNC, VIGNATE (MI)

Committente:

Lombardini22 S.p.A.

Via Lombardini 22 20143 Milano, Italia

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
SIMONE SCARABELLI
geologo specialista
Albo n. 1372 AP
sezione A

Data 13/05/2025					
	cod. 35/25		redatto	controllato	approvato
Rev0	Int1		M.Sala	S.Scarabelli	S.Scarabelli
Rev1	Int2				
Rev2	Int3				
Rev3	Int4				

SOMMARIO

1 PREMESSA 4
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 5
3 STATO DI FATTO E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO 6
4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 8
5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 11
6 CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE 14
6.1 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO 15
6.1.1 PROVE DI RESISTENZA MECCANICA S.P.T. 17
6.1.2 CAMPIONI INDISTURBATI 17
6.1.3 CAMPIONI RIMANEGGIATI 18
6.1.4 PIEZOMETRO A TUBO APERTO 18
6.2 PROVE PENETROMETRICHE D.P.S.H. 18
6.3 PROVA M.A.S.W. 19
6.4 PROVA H.V.S.R. 20
7 MODALITÀ DI INTERPRETAZIONE DELLE PROVE GEOTECNICHE IN SITO 21
7.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE D.P.S.H. 21
7.2 PROVE DI RESISTENZA MECCANICA S.P.T. 22
7.2.1 DENSITÀ RELATIVA (DR) DA S.P.T. 23
7.2.2 MODULO ELASTICO (E) DA S.P.T. 23
7.2.3 ANGOLO D'ATTRITO (Φ') DA S.P.T. 23
8 RISULTATI DELLE PROVE GEOTECNICHE IN SITO 24
8.1 RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE D.P.S.H. 24
8.1.1 NUMERO DI COLPI S.P.T. RICAVATI DA PROVA D.P.S.H. 24
8.1.2 DENSITÀ RELATIVA DA S.P.T. 36

8.1.3 MODULO ELASTICO DA S.P.T. 38
8.1.4 ANGOLO D'ATTRITO DA S.P.T. 40
8.2 RISULTATI PROVE DI RESISTENZA MECCANICA S.P.T. 42
8.2.1 NUMERO DI COLPI DA S.P.T. 42
8.2.2 DENSITÀ RELATIVA DA S.P.T. 44
8.2.3 MODULO ELASTICO DA S.P.T. 47
8.2.4 ANGOLO D'ATTRITO DA S.P.T. 49
9 RISULTATI DELLE PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO 51
10 STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO 53
11 SISMICITÀ 54
11.1 ZONA SISMICA 54
11.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA 69
11.3 FREQUENZA CARATTERISTICA DI RISONANZA DEL SITO 71
11.4 ANALISI DI II LIVELLO 72
12 PARAMETRI GEOTECNICI MEDI 76
13 PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI 77
14 LIQUEFAZIONE 78
15 CONCLUSIONI 80
ALLEGATO 1 – STRATIGRAFIE SONDAGGI 81
ALLEGATO 2 – GRAFICI PROVE PENETROMETRICHE 82
ALLEGATO 3 – CERTIFICATI PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO 83
ALLEGATO 4 – DOCUMENTAZIONE PROVE MASW/HVSR 84

1 PREMESSA

La presente relazione, redatta per conto della società Lombardini 22 S.p.A., costituisce il supporto geotecnico e sismico preliminare alla progettazione dei lavori per la realizzazione di un nuovo Data Center su terreni siti in Comune di Vignate (MI), via Puglia.

Figura 1: Ortofoto con ubicazione area in esame.

Tale relazione ottempera a quanto richiesto dal D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" ed è finalizzata in particolare alla definizione delle caratteristiche litologiche dell'area e dell'assetto geotecnico nonché alla caratterizzazione sismica dei terreni di imposta delle previste strutture; in particolare lo scopo dell'indagine è quello di fornire al Progettista utili indicazioni per la scelta delle possibili tipologie fondazionali, in funzione dei carichi di esercizio e delle effettive condizioni litostratigrafiche del volume significativo di terreno interessato dalle opere in progetto.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente elaborato è stato redatto in accordo con le normative di seguito elencate:

- D.M. LL.PP. 11.03.88 *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"*;
- D.M. LL.PP. 17.01.18 *"Norme tecniche per le costruzioni – Testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni, di cui alla legge 5 novembre 1971, n.1086, alla legge 2 febbraio 1974, n.64, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n.380, ed al decreto-legge 28 maggio 2004, n.136, convertito con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n.186"*;
- Circolare n.7 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici 21.01.19 *"Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018"*;
- Eurocodice 7 *"Progettazione geotecnica – parte I: Regole Generale (1997) – parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002) – parte III: progettazione assistita con prove in sito (2002)"*;
- Eurocodice 8 (1998) *"Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture – parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici"*;
- O.P.C.M. n.3519 28.04.06 *"Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"*;
- Allegato al voto n.36 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici 27.07.07 *"Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale"*;
- D.G.R. n. IX/2616 30.11.2011 "*Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12', approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n.8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n.8/7374",* pubblicata sul BURL n.50 Serie ordinaria del 15 dicembre 2012;
- P.G.T. (Piano di Governo del Territorio) del Comune di Vignate *"Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica"* - Dott. Geol. Paolo Cardarelli, Dott. Geol. Massimo Elitropi, marzo 2008.

3 STATO DI FATTO E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'area interessata dall'intervento in progetto si trova in corrispondenza della porzione periferica esterna verso Nord/Nord-Ovest rispetto al centro abitato di Vignate, più precisamente in fregio a via Puglia, in una zona caratterizzata da insediamenti di carattere prevalentemente artigianale-industriale.

Nella figura seguente è rappresentato l'inquadramento geografico di riferimento, con indicazione dell'area oggetto di intervento.

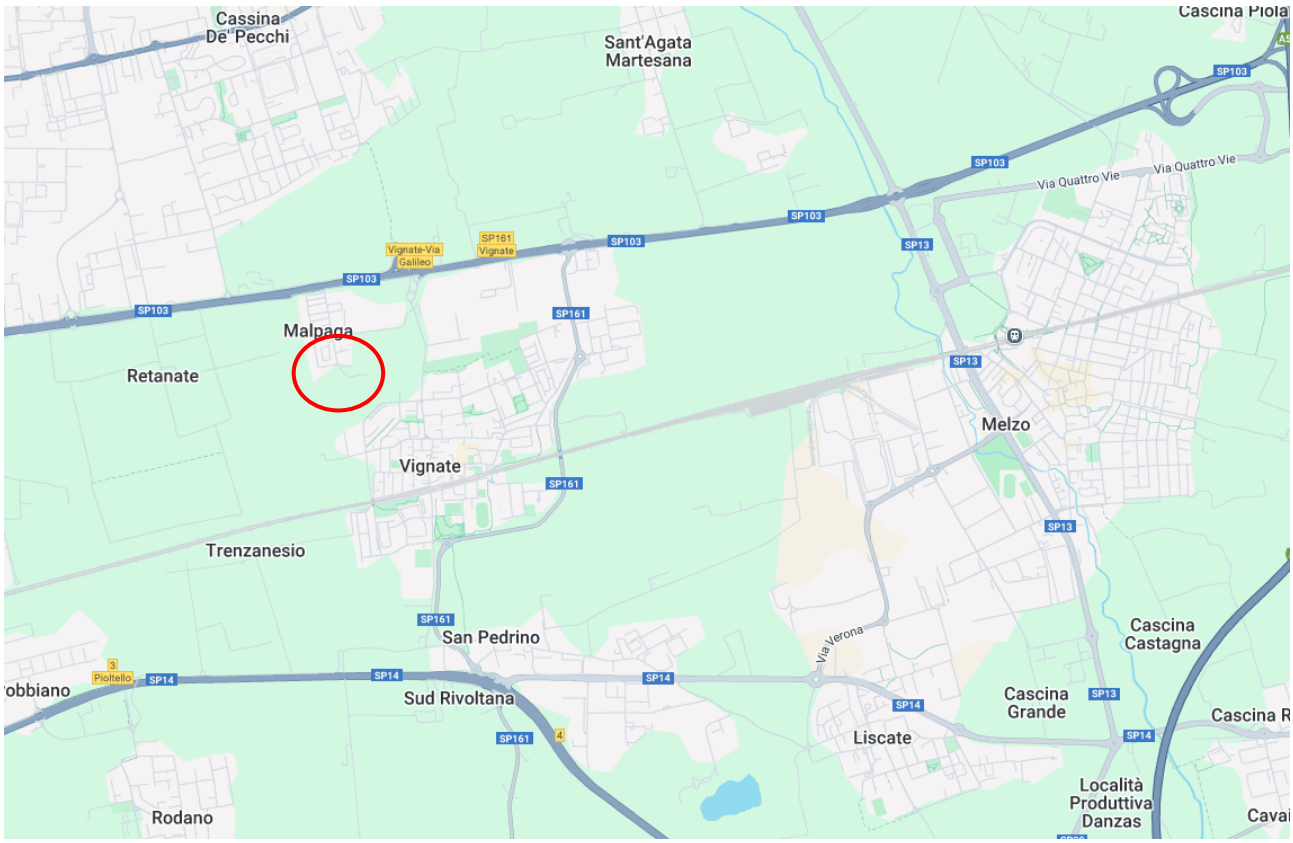


Figura 2: Inquadramento geografico di riferimento.

L'area in esame è catastalmente identificata dal Foglio n.3, Mappali n.114, occupato da un esistente capannone, e n.115, n.116, n.117, n.293, attualmente incolti, del Comune di Vignate.

Il progetto prevede la realizzazione, previa demolizione del fabbricato sito in corrispondenza del mappale n.114, di un nuovo capannone da adibire a Data Center che presenterà pianta ad "L" inclusa nelle dimensioni planimetriche massime di mq 170 x 80 ed elevazione massima di circa 8 metri.

La viabilità si svilupperà ad anello intorno al fabbricato principale.

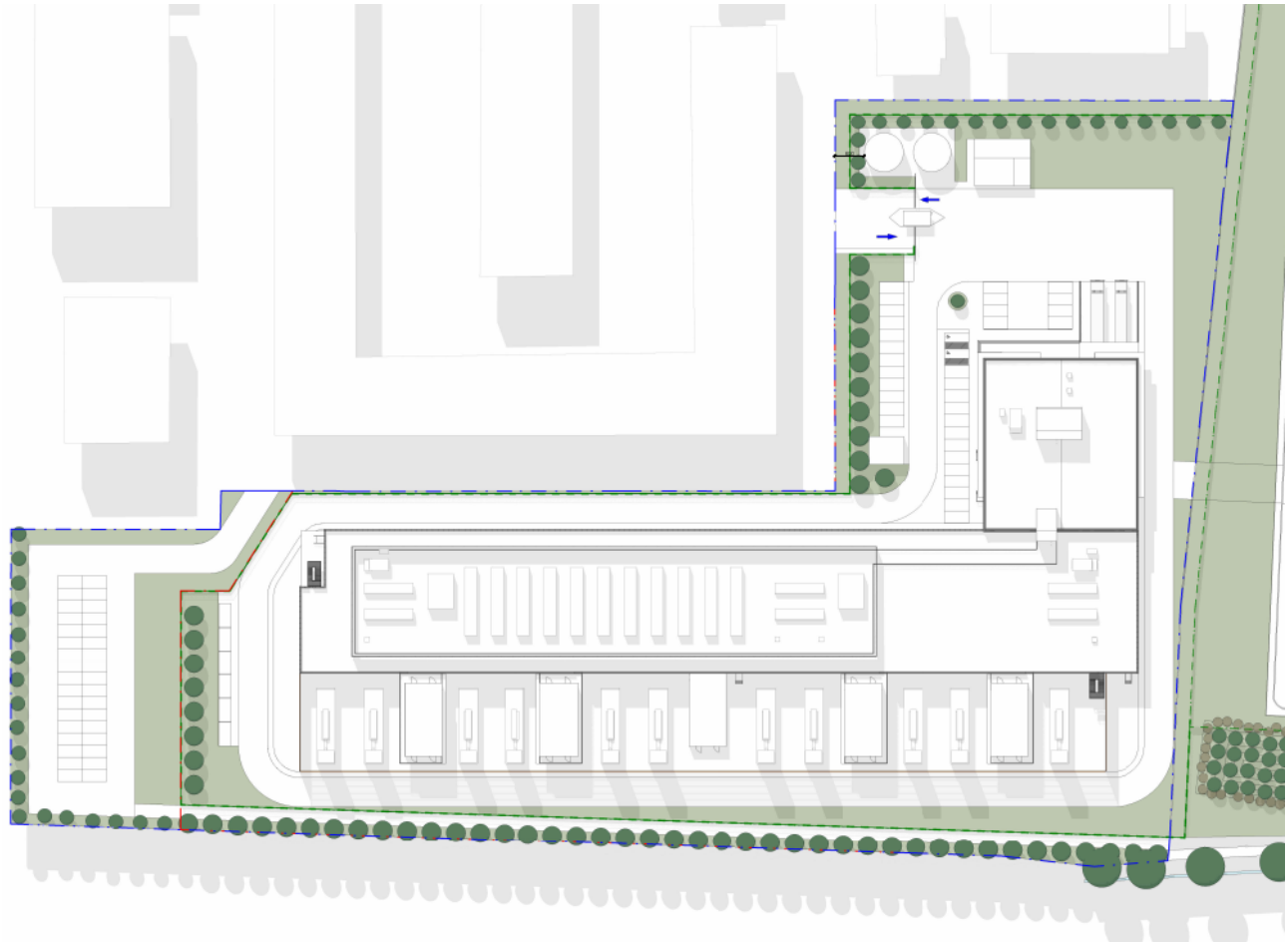


Figura 3: Masterplan intervento in progetto.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Il territorio del comune di Vignate è ubicato nel settore settentrionale della pianura padana lombarda, subito ad Est della città di Milano; l'area è compresa nel quadrante B6 della Carta Tecnica Regionale.

Il contesto di pianura monotona è interrotto dai numerosi canali irrigui dei quali i più importanti derivano dal Naviglio Martesana e presentano direzione generale verso Sud.

Il territorio, appartenente alla cintura metropolitana, ha subito un importante sviluppo residenziale ed industriale nell'ultimo trentennio, che ha determinato un contrasto con aree che conservano ancora il carattere agricolo originario, caratteristica questa comune a quanto si osserva in altri centri abitati immediatamente a Est/Sud-Est di Milano.

Ad un esame dettagliato dell'assetto geomorfologico il territorio presenta un andamento relativamente pianeggiante con blando declivio verso Sud e quote comprese tra 119 e 121 metri s.l.m.; alcune modeste ondulazioni sono dovute ai processi deposizionali delle grandi conoidi pedemontane.

Il drenaggio delle acque di superficie ha creato incisioni ed avvallamenti, che tuttavia risultano poco evidenti o addirittura completamente obliterati dalle trasformazioni antropiche, che rappresentano invece gli elementi morfologici di maggior spicco dell'area (specchi d'acqua delle attività di cava, cigli di scarpata e rilevati stradali).

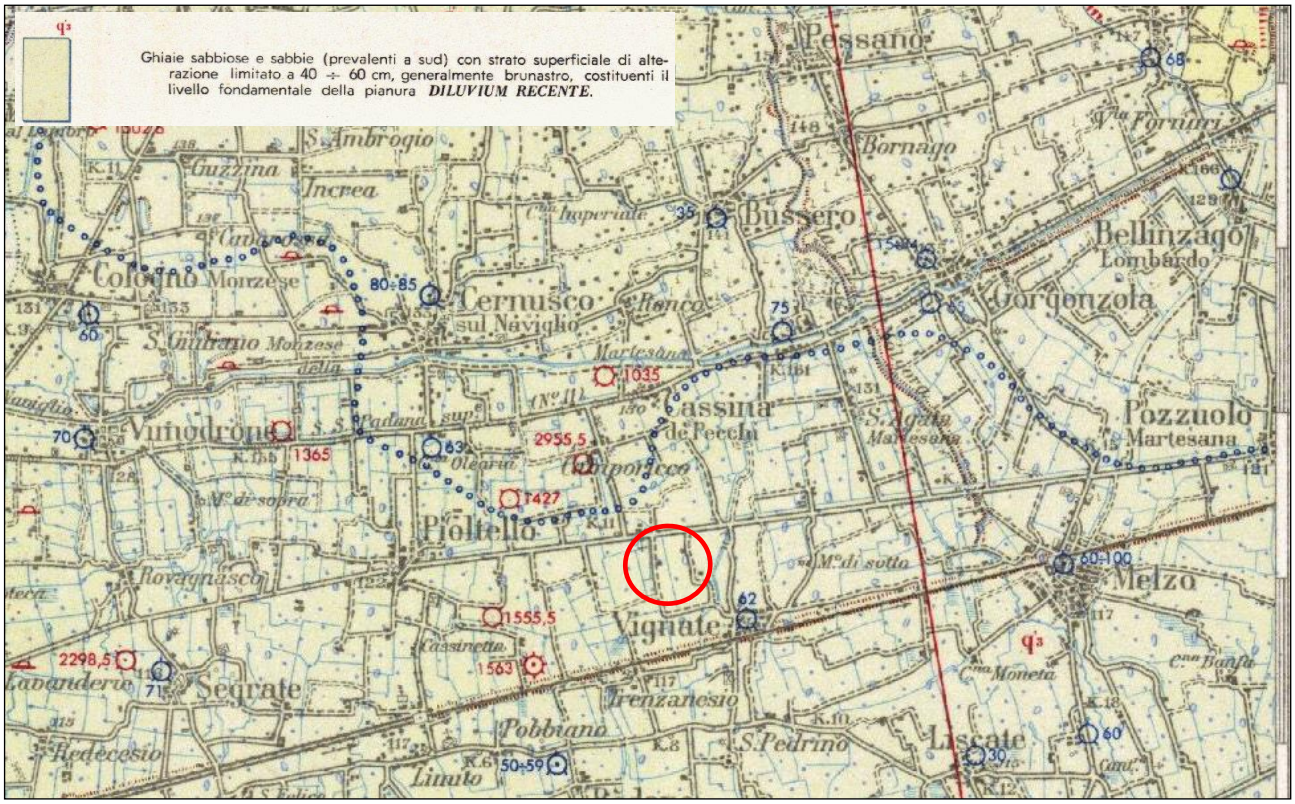
La successione stratigrafica del sottosuolo è rappresentata dai sedimenti appartenenti al sistema deposizionale plio-pleistocenico padano i cui termini basali (Pliocene-Pleistocene inf.), di origine marina, sono complessivamente costituiti da marne argilloso-siltose e da argille siltose.

Su di essi poggia la sequenza continentale (Pleistocene medio sup. - Olocene) formata dalla successione "Villafranchiana", costituita da depositi di ambiente palustre-lacustre a bassa energia, litologicamente caratterizzati da un complesso limoso-argilloso intercalato da ricorrenti livelli sabbiosi (Braga, Cerro e Pilla, 1998) e dal "materasso alluvionale", rappresentato da depositi di origine fluviale e fluvioglaciale (Pleistocene medio-superiore) per lo più costituiti da ghiaie e sabbie, a cui si intercalano orizzonti limosi e argillosi.

Sulla copertura alluvionale, che rappresenta l'ultima fase della sedimentazione nel bacino Padano, è impostato il Ripiano Fondamentale della Pianura sul quale hanno poi agito i corsi d'acqua incidendone i depositi e modellandone la superficie. Le azioni erosive perpetrate principalmente dal fiume Po e dai corsi d'acqua limitrofi all'area in esame quali il fiume Lambro, il torrente Molgora ed il fiume Adda, hanno prodotto incisioni testimoniate dalle scarpate di raccordo fra tardoglaciale würmiano ed Olocene.

Il contesto geologico di pertinenza è stato desunto dalla *Carta Geologica d'Italia* – Foglio 45 – MILANO, scala 1:100.000 (fig. 2): l'area si colloca sulle "*Ghiaie sabbiose e sabbie (prevalenti a sud) con strato superficiale di alterazione limitato a 40 ÷ 60 cm, generalmente brunastro, costituenti il livello fondamentale della pianura DILUVIUM RECENTE* – $q^{'3}$".

Litologicamente si tratta di depositi alluvionali quaternari di età pleistocenica (Diluvium) rappresentati dal punto di vista granulometrico da terreni essenzialmente fini in superficie (limi argillosi, sabbie fini) e localmente grossolani in profondità (sabbie, ghiaietto e ghiaie), con possibile presenza di banchi limoso-argillosi.


q³
Ghiaie sabbiose e sabbie (prevalenti a sud) con strato superficiale di alterazione limitato a 40 ÷ 60 cm, generalmente brunastro, costituenti il livello fondamentale della pianura DILUVIUM RECENTE.
Pessano
Bornago
Bussero
Bellinzago Lombardo
Gorgonzola
Cernusco sul Naviglio
Cassina de' Pecchi
Pozzuolo Martesana
Vimodrone
Pioltello
Vignate
Melzo
Segrate
Trezzano sul Naviglio
Liscate
Colturano
Polbiano
S. Pedrino
Limito
Redecesio
Lavanderie
Rovagnasco
Cassinetta
Cascina Moneta
Cascina Banfa
Martesana
Naviglio Martesana
Via Padana sup.
Via Imperiale
Via Cassanese
Via Rivoltana
Via Cassanese
Via Padana sup.
Via Imperiale

A causa delle modalità di formazione dei depositi descritti è comune osservare una locale variazione delle granulometrie, in senso sia verticale che orizzontale. A ciò si aggiungono le variazioni di origine antropica che hanno alterato l'assetto stratigrafico originario, almeno nei livelli più superficiali.

5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il modello idrogeologico dell'area di studio è stato ricostruito integrando informazioni stratigrafiche e/o caratterizzazioni idrodinamiche reperite o effettuate dagli autori, relative ad opere di captazione pubbliche e private, con i dati desunti dagli studi idrogeologici più autorevoli e aggiornati relativi agli acquiferi padani della regione Lombardia, di seguito sintetizzati.

Nella schematizzazione idrostratigrafica si è tenuto conto della suddivisione in unità idrostratigrafiche proposta nel 1995 da Avanzini M., Beretta G.P., Francani V. e Nespoli M.2, che prevede, dall'alto verso il basso:

- Unità ghiaioso-sabbiosa, costituita da facies fluviali dell'Olocene-Pleistocene Superiore;
- Unità sabbioso-ghiaiosa, costituita da facies fluviali del Pleistocene Medio;
- Unità a conglomerati e arenarie, costituita da facies fluviali del Pleistocene Inferiore;
- Unità sabbioso-argillosa, costituita da facies continentali e transizionali, riconducibili a Pleistocene Inferiore, al Villafranchiano Superiore e Medio Auctorum p.p.;
- Unità argillosa, costituita da facies marine riconducibili al Pleistocene Inferiore e al Calabriano Auctorum p.p..

Tale suddivisione è stata aggiornata sulla base delle risultanze dello studio Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia, pubblicato nel 2002 dalla Regione Lombardia in collaborazione con Eni-Divisione Agip e del relativo Aggiornamento geologico-stratigrafico (marzo 2005). In tale studio si propone un modello geologico del sottosuolo della pianura a scala regionale, che individua quattro Gruppi Acquiferi sovrapposti (A, B, C e D), delimitati alla base dall'interfaccia acqua dolce / acqua salata, come di seguito riportato:

- *Gruppo Acquifero A* (Olocene, Pleistocene Superiore – Pleistocene Medio); praticamente corrispondente alla suddetta unità ghiaioso-sabbiosa, costituisce la porzione superiore del cosiddetto Acquifero Tradizionale; La conducibilità idraulica di questa unità – *Gruppo Acquifero A* – è compresa tra 10^{-3} e 10^{-4} m/s.
- *Gruppo Acquifero B* (Pleistocene Medio); all'incirca corrispondente all'insieme delle suddette unità sabbioso-ghiaiosa e a conglomerati e arenarie, costituisce la porzione inferiore del cosiddetto Acquifero Tradizionale;

• *Gruppo Acquifero C* (Pleistocene Inferiore [Siciliano ed Emiliano]); corrispondente alla porzione superiore della suddetta unità sabbioso-argillosa;

• *Gruppo Acquifero D* (Pleistocene Inferiore [Santerniano]); corrispondente alla porzione inferiore (Santerniano) della suddetta unità sabbioso-argillosa.

Dal punto di vista idrogeologico locale, l'area in esame risulta caratterizzata dalla presenza di una prima falda freatica sita a profondità di ordine plurimetrico dal piano campagna, come già espresso regolata principalmente dagli afflussi meteorici stagionali e dalle pratiche agricole irrigue nelle campagne circostanti l'abitato di Vignate.

Nella Tavola 5 - Acque Sotterranee allegata allo Studio Geologico a supporto del P.G.T. comunale la soggiacenza della falda in corrispondenza dell'area è segnalata a quote comprese tra circa 113 e 114 metri s.l.m., corrispondenti a profondità di circa 6.0-7.0 metri dal piano campagna.

Più in superficie possono invece sussistere filtrazioni idriche "sospese" per lo più di carattere temporaneo e di intensità variabile in relazione alle condizioni meteoclimatiche stagionali, localizzate nei livelletti di materiali incoerenti permeabili per porosità.

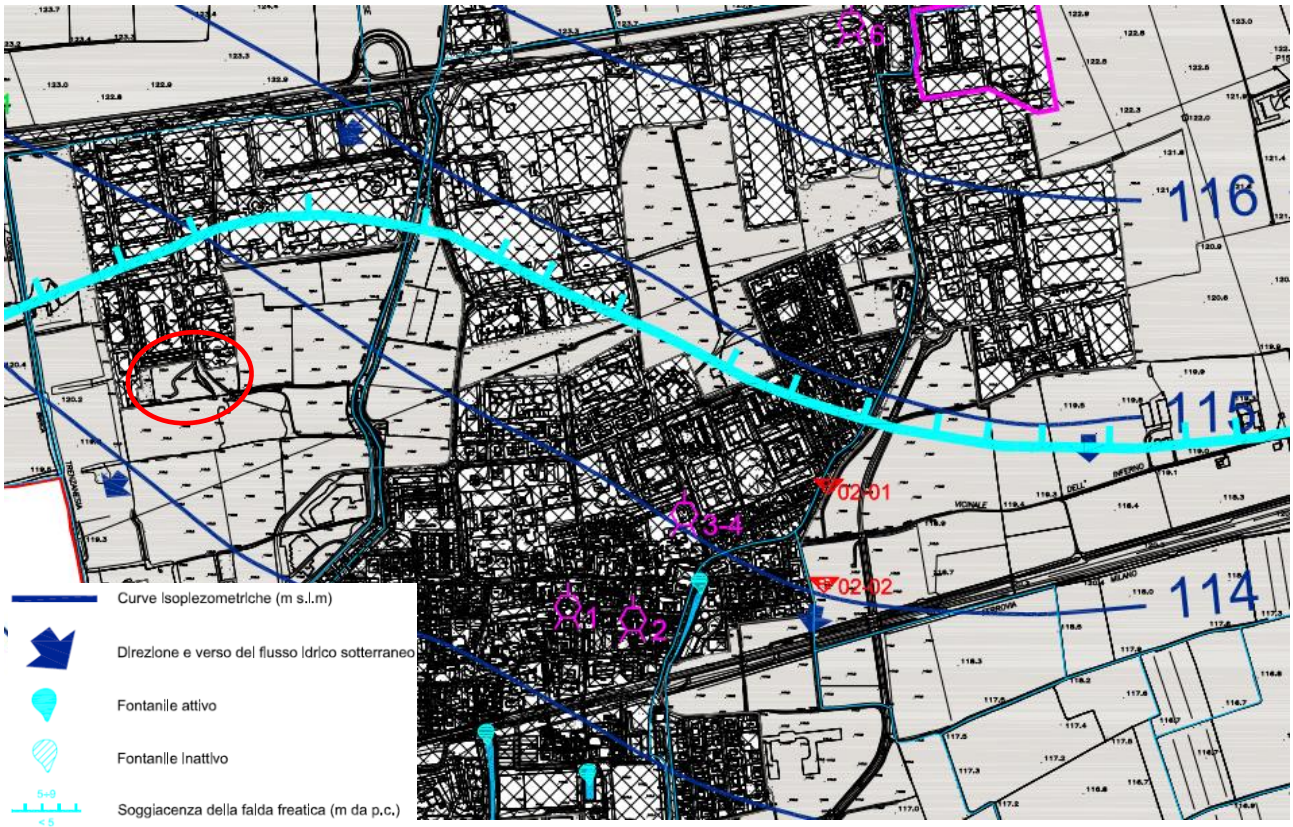


Figura 5: Estratto Carta Idrogeologica in scala 1:10.000 PGT Comune di Vignate

Nel settore in oggetto, secondo l'elaborazione analizzata, tale falda presenta una direzione generale di flusso con direttrice disposta in senso Nord-Est/Sud-Ovest, che risulta debolmente condizionata solo localmente da limitati abbassamenti dovuti all'attività di emungimento delle acque di falda da parte sia dei pozzi acquedottistici che di quelli delle attività industriali ancora presenti, condizioni in ogni caso non determinano importanti zone di depressione della superficie piezometrica.

Tale falda presenta oscillazioni di ordine plurimetrico: durante la campagna di indagine del 2022 la falda è stata misurata ad una quota di circa -10.0 metri dal piano campagna mentre le rilevazioni riferite al 2010 riportano una soggiacenza dell'ordine di 5.0-6.0 metri dal piano campagna. Allo stesso modo nelle indagini effettuate nel 2025 è stata riscontrata presenza di acqua a profondità dell'ordine di 4.5-5 metri dal piano campagna.

6 CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE

Il programma di indagine ha comportato le seguenti operazioni:

- n.3 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 35,0m dall'attuale p.c. (S1, S2/PZ1, S3);
  - esecuzione di prove S.P.T. in foro;
  - prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
  - installazione di piezometro a tubo aperto in PVC diam.3'' in corrispondenza del foro di sondaggio S2/PZ1;
- n.5 prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H., spinte tutte a profondità di 12.00m dall'attuale p.c. (P1÷P5);
- n.1 base sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) della lunghezza complessiva di 60.0m (L1);
- n.1 rilevazione puntuale del microtremore sismico ambientale della durata di 20 minuti (TR1);
- prove geotecniche di laboratorio sui campioni di terreno prelevati:
  - determinazione del peso di volume;
  - analisi granulometriche per vagliatura e sedimentazione;
  - determinazione dei limiti di Atterberg;
  - prove triassiali CIU;
  - prove di taglio diretto;
  - prove di consolidazione edometrica.

Figura 6: Ortofoto con ubicazione indagini geognostiche.

Di seguito si illustrano i dettagli e le modalità esecutive delle indagini; in allegato sono riportate le stratigrafie dei sondaggi unitamente alla documentazione fotografica ed alle risultanze delle prove penetrometriche.

6.1 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

È stata impiegata una sonda perforatrice idraulica Beretta modello T44 allestita su carro cingolato e dotata dei seguenti requisiti tecnici essenziali:

- Forza max. tiro 40 kN;
- Forza max. spinta 40 kN;
- Coppia max. 102 daNm;
- Velocità di rotazione 45÷350 r/min.

La sonda è corredata di martello pneumatico sulla testa di rotazione e di pompa Triplex dotata di circuito supplementare per il rabbocco del fluido a testa foro.

Le perforazioni sono state condotte a carotaggio continuo con l'utilizzo di carotiere semplice avente diametro 101 mm tale da rendere minimo il disturbo dei materiali attraversati e da consentire il prelievo dei campioni rappresentativi (carote). Essa è stata eseguita, compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, senza l'utilizzo di fluidi di circolazione (carotaggio a secco).

Per il sostegno delle pareti del foro, sono stati impiegati rivestimenti provvisori consistenti in tubi di acciaio speciale filettati della lunghezza di 1.0÷1.5 m e del diametro di 127 mm. Durante le operazioni di posa del rivestimento provvisorio si è reso necessario l'impiego di fluidi di perforazione per il raffreddamento del tagliente (scarpa) e l'asportazione del detrito: a tale scopo si è impiegata circolazione diretta di acqua chiara. Nel corso della perforazione si è provveduto a:

- Esecuzione di prove a resistenza meccanica S.P.T.;
- Prelievo di campioni indisturbati tipo Shelby;
- Prelievo di campioni rimaneggiati.

I sondaggi sono stati descritti in appositi moduli stratigrafici in cui si sono indicate, in funzione della profondità:

- Rappresentazione stratigrafica e descrizione dei terreni attraversati, spessore delle alternanze litologiche, colore delle formazioni, composizione granulometrica approssimata e frazione fine prevalente;
- Quota di esecuzione delle prove S.P.T. e relativi valori riscontrati;
- Quota di prelievo dei campioni indisturbati e rimaneggiati;
- Schema installazione tubazione piezometrica.

I materiali estratti dai carotieri sono stati collocati in apposite cassette catalogatrici in PVC, adatte a contenere 5 metri di carote, sulle quali sono stati annotati l'identificazione del punto di sondaggio, la relativa profondità, la località e l'identificazione del committente; esse sono state quindi analizzate a vista per la redazione della stratigrafia e infine fotografate. Le cassette contenenti i campioni di terreno estratti durante i carotaggi sono ricoverate presso le aree di cantiere.

6.1.1 PROVE DI RESISTENZA MECCANICA S.P.T.

La prova consiste nell'infissione a percussione di un tubo campionatore a parete grossa tipo Raymond, avente diametro esterno 51 mm e diametro interno 34.9 mm, collegato alla superficie con aste di diametro di 51 mm. Il dispositivo di percussione a sganciamento automatico è costituito da un maglio di 63.5 Kg con una altezza di caduta di 760 mm. Solo localmente, in base alla granulometria dei terreni riscontrati in fase di perforazione, al tubo campionatore era applicata la specifica punta chiusa, ∅ 50mm, conicità 60°.

Il campionatore viene fatto penetrare nel terreno per una profondità pari a 45 cm, a partire dalla quota di fondo foro, rilevando il numero di colpi (N) necessari per l'avanzamento di ciascun intervallo di 15 cm. Il valore di N_{SPT} è ottenuto sommando i colpi necessari all'avanzamento del 2° e 3° intervallo. La prova viene interrotta quando il numero di colpi N, per un intervallo di 15 cm, supera il valore di 50, annotando in tal caso il rifiuto alla penetrazione e registrando l'infissione in cm ottenuta con 50 colpi.

I valori di N ottenuti devono quindi essere normalizzati secondo la seguente espressione:

$$N_{60} = N_{S.P.T.} \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_S \cdot C_R$$

dove:

$N_{S.P.T.}$ = numero di colpi per l'affondamento di 30cm misurato nella prova

C_E = correzione per il rapporto di energia (rendimento sistema di battitura/60)

C_B = correzione per il diametro del foro (1.0 per Ø65÷115mm)

C_S = correzione per il metodo di campionamento (1.0 per campionatore standard)

C_R = correzione per la lunghezza delle aste (0.75 se L=3÷4m; 0.85 se L=4÷6m; 0.95 se L=6÷10m; 1.0 se L>10m)

Inoltre, per tenere conto dell'influenza della pressione verticale del terreno sovrastante, deve essere utilizzata la formula: $N_{(1)60} = C_N \cdot N_{60}$ con $C_N = \sqrt{\frac{98,1}{\sigma'_v}}$

6.1.2 CAMPIONI INDISTURBATI

Durante le fasi di perforazione sono stati prelevati campioni di terreno indisturbati destinati alle successive prove di laboratorio, utili alla caratterizzazione fisico-meccanica e geotecnica dei materiali.

I prelievi sono stati effettuati per mezzo di un tubo campionatore tipo “Shelby”, diametro 85 mm, in acciaio inossidabile dello spessore 2mm, con lunghezza 60÷65 cm, infisso a pressione costante con velocità compresa tra 15 e 30 cm/sec direttamente trasmessa dalla batteria di aste; tale campionatore è idoneo a raggiungere qualità Q5 in presenza di argille da mediamente a molto compatte. Al termine dell’infissione i campionatori sono stati ripuliti delle parti detritiche presenti alle estremità, sigillati con paraffina liquida, etichettati e consegnati al laboratorio di analisi C.G.G. S.r.l. con sede a Piacenza (PC).

6.1.3 CAMPIONI RIMANEGGIATI

I campioni rimaneggiati sono rappresentativi della granulometria e del materiale prelevato. Sono stati selezionati dalle carote nella fase di sistemazione delle stesse nelle cassette catalogatrici, sigillati in sacchetti di plastica trasparente, etichettati e consegnati al laboratorio di analisi C.G.G. S.r.l. con sede a Piacenza (PC).

6.1.4 PIEZOMETRO A TUBO APERTO

Il piezometro allestito all’interno della perforazione S2/PZ1 è costituito da tubo in P.V.C. atossico fornito dalla Fimap Technologies S.r.l. di San Benedetto Po (MN); essi sono composti da tubazione Ø3” cieca fino a -3m da p.c. e microfessurata da tale quota fino a fondo foro (-35m); i tubi sono dotati sia alla base che nella parte sommitale di tappo avvitato.

All’esterno dei tubi è stato posato un manto drenante, costituito da ghiaietto lavato Ø3÷5 mm, dal fondo fino a circa un metro al di sopra del tratto microfessurato. La parte superiore di ogni piezometro è isolata da tampone in cemento/bentonite al fine di evitare l’infiltrazione di acque superficiali; alla sommità dei piezometri è stato collocato chiusino in lamiera preverniciata di colore rosso.

6.2 PROVE PENETROMETRICHE D.P.S.H.

Per l'acquisizione dei dati è stato impiegato un penetrometro semovente statico-dinamico PAGANI modello TG 63-150, dotato di opportuni elicoidi di ancoraggio e punta meccanica Begemann per le prove statiche e di sgancio automatico per le prove dinamiche.

L'esecuzione delle prove dinamiche ha comportato la verifica del numero di colpi N del maglio necessari per infiggere verticalmente nel terreno, per intervalli consecutivi della lunghezza di 20 cm, l'apposita punta conica collegata ad una batteria di aste. Le caratteristiche tecniche dell'attrezzatura in modalità dinamica sono le seguenti:

Peso della massa battente	*63.5 Kg*
Altezza di caduta	*75 cm*
Superficie della punta	*20 cm^2*
Diametro della punta	*51 mm, con conicità 90°*
Diametro delle aste	*32 mm*
Peso delle aste	*6.31 Kg/m*
Passo infissione	*20 cm*

I risultati riscontrati in campagna vengono visualizzati attraverso grafici che riportano per ogni verticale di prova:

- il numero di colpi N_{20} necessari per avanzamenti della punta di 20 cm;
- i valori di resistenza dinamica alla punta (R_{pd}) assimilabili ai valori di R_p.
- i valori di resistenza N_{SPT} ricavati dai valori di N_{20} tramite la correlazione $N_{SPT} = 1.47 \cdot N_{20}$.

6.3 PROVA M.A.S.W.

L'acquisizione di campagna è stata condotta con il sismografo Pasi modello Gea 24 con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtraggio digitale programmabile (per la riduzione dei rumori) e guadagno automatico del segnale (in ampiezza).
Sono stati utilizzati n.12 geofoni verticali da 4.5 Hz spaziati di 5m con offset a 5m di distanza dal primo geofono, l'energizzazione è avvenuta tramite mazza del peso di 10 Kg.
Per avere un'approfondita Analisi Multicanale delle Onde di Superficie (M.A.S.W.), il dataset è stato ottenuto mediante le seguenti modalità di acquisizione:

- Dataset Onde Rayleigh componente verticale (ZVF)

  - n.12 geofoni verticali da 4.5 Hz

  - Energizzazione verticale su piastra quadrata in lega di alluminio

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software WinMASW 3C 7.2 beta e nell'analisi sono stati scelti i dataset migliori acquisiti scegliendo il più rappresentativo per le Onde di Rayleigh (ZVF). Una volta individuato il dataset da utilizzare è stato determinato lo spettro di velocità e successivamente è stata effettuata la modellazione. È necessario sottolineare che l'interpretazione delle indagini geofisiche viene fatta nell'ipotesi che gli strati del sottosuolo siano omogenei, orizzontali e con superfici di separazione piano parallele. Si rammenta infine come, in ogni caso, la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira attorno al 10-15%.

6.4 PROVA H.V.S.R.

Si tratta di una metodologia sismica passiva, finalizzata alla determinazione dei valori di frequenza caratteristica del sito e del suolo al fine di verificare che non vi siano eventuali effetti di doppia risonanza, che potrebbero inficiare sulla stabilità delle strutture.

Nel contempo la misurazione effettuata sul terreno ha permesso di verificare la presenza di eventuali orizzonti rifrattori più profondi rispetto alla massima profondità indagata con la sismica attiva.

La misurazione è stata eseguita mediante l'utilizzo di un geofono triassiale digitale 3D PASI, modello Gemini ed i dati sono stati rielaborati tramite software WinMASW 3C 7.2 beta.

Tale indagine geofisica si avvale della tecnica di Nakamura (1989) e sui rapporti spettrali H.V.S.R. (Horizzontal to Vertical Spectral Ratio); viene misurato il microtremore sismico ambientale (rumore sismico) presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Per poter effettuare tale misurazione lo strumento racchiude tre velocimetri elettrodinamici ortogonali tra loro ad alta definizione con frequenza naturale di risonanza 2.0 Hz.

I dati vengono registrati su pc collegato alla strumentazione. Durante la misura si è orientata una delle componenti orizzontali parallelamente alla direzione dello stendimento sismico, per consentire una eventuale ripetizione e sovrapposizione delle registrazioni in tempi successivi.

Operativamente si è proceduto alla registrazione del rumore sismico sulle tre componenti per un intervallo di tempo di 20 minuti.

7 MODALITÀ DI INTERPRETAZIONE DELLE PROVE GEOTECNICHE IN SITO

7.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE D.P.S.H.

Le prove penetrometriche dinamiche DPSH sono prove geotecniche puntuali e consistono nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta di acciaio.
Nel corso della prova si rileva il numero di colpi necessari per la penetrazione di 20 cm della punta ed alternativamente del rivestimento. La resistenza del terreno dipende dalle caratteristiche fisico-meccaniche nel quale esso si trova allo stato naturale e pertanto per terreni incoerenti dipende prevalentemente dallo stato di addensamento dei granuli, mentre per terreni coesivi dipende dal contenuto di umidità naturale.
Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PAGANI 63-200 DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm^2
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	$N_{(20)}$
Coefficiente di correlazione	1.504
Angolo di apertura punta	90 °

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove penetrometriche dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e Parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.
La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

I risultati di campo sono correlati al numero di colpi derivanti da prova S.P.T. (Standard Penetration Test) in foro di sondaggio con la seguente formulazione:

$$\mathbf{N_{SPT} = 1.47 \cdot N_{(20)}}$$

7.2 PROVE DI RESISTENZA MECCANICA S.P.T.

I risultati ottenuti in campo sono stati corretti con le formulazioni di Gibbs e Holtz, che tengono conto degli effetti della pressione, del diametro di perforazione e della lunghezza delle aste di perforazione. La relazione è la seguente:

per N<15 $N' = N_{SPT}$

per N≥15 $N' = 15+1/2(N_{SPT}-15)$

È necessario tenere in conto anche dell'efficienza del dispositivo di perforazione, riducendo il valore di N_{SPT} con la seguente correlazione:

$N1(60) = Cn \cdot N_{SPT}$

dove:

$$Cn = \frac{3}{2 + \frac{\sigma'_{v0}}{100}}$$

L'efficienza del sistema di battitura è stata assunta pari al 60%.

7.2.1 DENSITÀ RELATIVA (DR) DA S.P.T.

Partendo dai valori di N_{SPT} è possibile valutare i valori di densità relativa con la seguente formula:

$D_r = \sqrt{\frac{C_N \cdot N_{SPT}}{60}}$ (Skempton, 1986)

7.2.2 MODULO ELASTICO (E) DA S.P.T.

Utilizzando i parametri valutati precedentemente, è stato calcolato il modulo elastico utilizzando la seguente formula:

$E_{25}, = (52{,}5 - 35 \cdot D_R) \cdot N_{SPT}$ →in kg/cmq Jamiolkowsky et al. 1988 per terreni OC

7.2.3 ANGOLO D'ATTRITO (Φ') DA S.P.T.

Utilizzando i parametri valutati precedentemente, l'angolo di resistenza al taglio ϕ' di picco del terreno è stato calcolato utilizzando la seguente formula:

$\phi' = 15 + [20 \cdot N_{1(60)}]^{0.5}$ Owasaki e Iwasaki

8 RISULTATI DELLE PROVE GEOTECNICHE IN SITO

Di seguito vengono riportate le elaborazioni dei dati di sito delle prove geognostiche eseguite nell'area di interesse.

8.1 RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE D.P.S.H.

Di seguito, si riportano i risultati ottenuti dalle prove D.P.S.H. realizzate in sito.

8.1.1 NUMERO DI COLPI S.P.T. RICAVATI DA PROVA D.P.S.H.

Prova Nr	Profondità [m]	N20	NSPT	N'	s'vo [kPa]	Cn	N1(60)
DPSH 1	0,2	2	2,94	2,94	3,8	1,5	4,3
	0,4	3	4,41	4,41	7,6	1,4	6,4
	0,6	3	4,41	4,41	11,4	1,4	6,3
	0,8	4	5,88	5,88	15,2	1,4	8,2
	1	4	5,88	5,88	19	1,4	8,1
	1,2	4	5,88	5,88	22,8	1,3	7,9
	1,4	6	8,82	8,82	26,6	1,3	11,7
	1,6	6	8,82	8,82	30,4	1,3	11,5
	1,8	4	5,88	5,88	34,2	1,3	7,5
	2	5	7,35	7,35	38	1,3	9,3
	2,2	9	13,23	13,23	41,8	1,2	16,4
	2,4	9	13,23	13,23	45,6	1,2	16,2
	2,6	8	11,76	11,76	49,4	1,2	14,1
	2,8	15	22,05	18,525	53,2	1,2	26,1
	3	19	27,93	21,465	57	1,2	32,6

3,2	21	30,87	22,935	60,8	1,2	35,5
3,4	20	29,4	22,2	64,6	1,1	33,3
3,6	20	29,4	22,2	68,4	1,1	32,9
3,8	22	32,34	23,67	72,2	1,1	35,6
4	25	36,75	25,875	76	1,1	39,9
4,2	24	35,28	25,14	79,8	1,1	37,8
4,4	21	30,87	22,935	83,6	1,1	32,7
4,6	20	29,4	22,2	87,4	1,0	30,7
4,8	19	27,93	21,465	91,2	1,0	28,8
5	18	26,46	20,73	95	1,0	26,9
5,2	16	23,52	19,26	98,8	1,0	23,6
5,4	10	14,7	14,7	102,6	1,0	14,6
5,6	9	13,23	13,23	106,4	1,0	13,0
5,8	6	8,82	8,82	110,2	1,0	8,5
6	5	7,35	7,35	114	1,0	7,0
6,2	6	8,82	8,82	117,8	0,9	8,3
6,4	6	8,82	8,82	121,6	0,9	8,2
6,6	6	8,82	8,82	125,4	0,9	8,1
6,8	9	13,23	13,23	129,2	0,9	12,1
7	9	13,23	13,23	133	0,9	11,9
7,2	9	13,23	13,23	136,8	0,9	11,8
7,4	13	19,11	19,11	140,6	0,9	16,8
7,6	12	17,64	17,64	144,4	0,9	15,4
7,8	13	19,11	19,11	148,2	0,9	16,5
8	16	23,52	19,26	152	0,9	20,0
8,2	15	22,05	18,525	155,8	0,8	18,6
8,4	18	26,46	20,73	159,6	0,8	22,1
8,6	19	27,93	21,465	163,4	0,8	23,1
8,8	20	29,4	22,2	167,2	0,8	24,0
9	21	30,87	22,935	171	0,8	25,0

	9,2	24	35,28	25,14	174,8	0,8	28,2
	9,4	27	39,69	27,345	178,6	0,8	31,5
	9,6	27	39,69	27,345	182,4	0,8	31,1
	9,8	26	38,22	26,61	186,2	0,8	29,7
	10	31	45,57	30,285	190	0,8	35,1
	10,2	32	47,04	31,02	193,8	0,8	35,8
	10,4	31	45,57	30,285	197,6	0,8	34,4
	10,6	30	44,1	29,55	201,4	0,7	33,0
	10,8	33	48,51	31,755	205,2	0,7	35,9
	11	35	51,45	33,225	209	0,7	37,7
	11,2	30	44,1	29,55	212,8	0,7	32,0
	11,4	30	44,1	29,55	216,6	0,7	31,8
	11,6	29	42,63	28,815	220,4	0,7	30,4
	11,8	31	45,57	30,285	224,2	0,7	32,2
	12	33	48,51	31,755	228	0,7	34,0
DPSH 2	0,2	2	2,94	2,94	3,8	1,5	4,3
	0,4	2	2,94	2,94	7,6	1,4	4,2
	0,6	3	4,41	4,41	11,4	1,4	6,3
	0,8	2	2,94	2,94	15,2	1,4	4,1
	1,0	3	4,41	4,41	19	1,4	6,0
	1,2	3	4,41	4,41	22,8	1,3	5,9
	1,4	5	7,35	7,35	26,6	1,3	9,7
	1,6	4	5,88	5,88	30,4	1,3	7,7
	1,8	7	10,29	10,29	34,2	1,3	13,2
	2,0	8	11,76	11,76	38	1,3	14,8
	2,2	9	13,23	13,23	41,8	1,2	16,4
	2,4	10	14,7	14,7	45,6	1,2	18,0
	2,6	10	14,7	14,7	49,4	1,2	17,7
	2,8	13	19,11	19,11	53,2	1,2	22,6
	3,0	10	14,7	14,7	57	1,2	17,2

3,2	13	19,11	19,11	60,8	1,2	22,0
3,4	12	17,64	17,64	64,6	1,1	20,0
3,6	13	19,11	19,11	68,4	1,1	21,4
3,8	10	14,7	14,7	72,2	1,1	16,2
4,0	21	30,87	22,935	76	1,1	33,6
4,2	25	36,75	25,875	79,8	1,1	39,4
4,4	35	51,45	33,225	83,6	1,1	54,4
4,6	38	55,86	35,43	87,4	1,0	58,3
4,8	21	30,87	22,935	91,2	1,0	31,8
5,0	9	13,23	13,23	95	1,0	13,5
5,2	8	11,76	11,76	98,8	1,0	11,8
5,4	6	8,82	8,82	102,6	1,0	8,7
5,6	8	11,76	11,76	106,4	1,0	11,5
5,8	6	8,82	8,82	110,2	1,0	8,5
6,0	5	7,35	7,35	114	1,0	7,0
6,2	6	8,82	8,82	117,8	0,9	8,3
6,4	3	4,41	4,41	121,6	0,9	4,1
6,6	5	7,35	7,35	125,4	0,9	6,8
6,8	8	11,76	11,76	129,2	0,9	10,7
7,0	8	11,76	11,76	133	0,9	10,6
7,2	9	13,23	13,23	136,8	0,9	11,8
7,4	13	19,11	19,11	140,6	0,9	16,8
7,6	12	17,64	17,64	144,4	0,9	15,4
7,8	12	17,64	17,64	148,2	0,9	15,2
8,0	13	19,11	19,11	152	0,9	16,3
8,2	12	17,64	17,64	155,8	0,8	14,9
8,4	15	22,05	18,525	159,6	0,8	18,4
8,6	16	23,52	19,26	163,4	0,8	19,4
8,8	16	23,52	19,26	167,2	0,8	19,2
9,0	15	22,05	18,525	171	0,8	17,8

	9,2	18	26,46	20,73	174,8	0,8	21,2
	9,4	19	27,93	21,465	178,6	0,8	22,1
	9,6	13	19,11	19,11	182,4	0,8	15,0
	9,8	20	29,4	22,2	186,2	0,8	22,8
	10,0	21	30,87	22,935	190	0,8	23,7
	10,2	26	38,22	26,61	193,8	0,8	29,1
	10,4	29	42,63	28,815	197,6	0,8	32,2
	10,6	28	41,16	28,08	201,4	0,7	30,8
	10,8	29	42,63	28,815	205,2	0,7	31,6
	11,0	30	44,1	29,55	209	0,7	32,3
	11,2	33	48,51	31,755	212,8	0,7	35,3
	11,4	32	47,04	31,02	216,6	0,7	33,9
	11,6	31	45,57	30,285	220,4	0,7	32,5
	11,8	32	47,04	31,02	224,2	0,7	33,3
	12,0	31	45,57	30,285	228	0,7	31,9
DPSH 3	0,2	1,0	1,47	1,47	3,8	1,5	2,2
	0,4	2,0	2,94	2,94	7,6	1,4	4,2
	0,6	3,0	4,41	4,41	11,4	1,4	6,3
	0,8	4,0	5,88	5,88	15,2	1,4	8,2
	1,0	4,0	5,88	5,88	19	1,4	8,1
	1,2	4,0	5,88	5,88	22,8	1,3	7,9
	1,4	4,0	5,88	5,88	26,6	1,3	7,8
	1,6	4,0	5,88	5,88	30,4	1,3	7,7
	1,8	8,0	11,76	11,76	34,2	1,3	15,1
	2,0	9,0	13,23	13,23	38	1,3	16,7
	2,2	9,0	13,23	13,23	41,8	1,2	16,4
	2,4	8,0	11,76	11,76	45,6	1,2	14,4
	2,6	9,0	13,23	13,23	49,4	1,2	15,9
	2,8	10,0	14,7	14,7	53,2	1,2	17,4
	3,0	13,0	19,11	19,11	57	1,2	22,3

3,2	12,0	17,64	17,64	60,8	1,2	20,3
3,4	15,0	22,05	18,525	64,6	1,1	25,0
3,6	18,0	26,46	20,73	68,4	1,1	29,6
3,8	16,0	23,52	19,26	72,2	1,1	25,9
4,0	18,0	26,46	20,73	76	1,1	28,8
4,2	21,0	30,87	22,935	79,8	1,1	33,1
4,4	24,0	35,28	25,14	83,6	1,1	37,3
4,6	29,0	42,63	28,815	87,4	1,0	44,5
4,8	33,0	48,51	31,755	91,2	1,0	50,0
5,0	32,0	47,04	31,02	95	1,0	47,8
5,2	30,0	44,1	29,55	98,8	1,0	44,3
5,4	19,0	27,93	21,465	102,6	1,0	27,7
5,6	8,0	11,76	11,76	106,4	1,0	11,5
5,8	13,0	19,11	19,11	110,2	1,0	18,5
6,0	12,0	17,64	17,64	114	1,0	16,9
6,2	8,0	11,76	11,76	117,8	0,9	11,1
6,4	9,0	13,23	13,23	121,6	0,9	12,3
6,6	8,0	11,76	11,76	125,4	0,9	10,8
6,8	7,0	10,29	10,29	129,2	0,9	9,4
7,0	6,0	8,82	8,82	133	0,9	7,9
7,2	5,0	7,35	7,35	136,8	0,9	6,5
7,4	6,0	8,82	8,82	140,6	0,9	7,8
7,6	9,0	13,23	13,23	144,4	0,9	11,5
7,8	12,0	17,64	17,64	148,2	0,9	15,2
8,0	13,0	19,11	19,11	152	0,9	16,3
8,2	16,0	23,52	19,26	155,8	0,8	19,8
8,4	19,0	27,93	21,465	159,6	0,8	23,3
8,6	18,0	26,46	20,73	163,4	0,8	21,8
8,8	16,0	23,52	19,26	167,2	0,8	19,2
9,0	15,0	22,05	18,525	171	0,8	17,8

	9,2	13,0	19,11	19,11	174,8	0,8	15,3
	9,4	20,0	29,4	22,2	178,6	0,8	23,3
	9,6	21,0	30,87	22,935	182,4	0,8	24,2
	9,8	24,0	35,28	25,14	186,2	0,8	27,4
	10,0	24,0	35,28	25,14	190	0,8	27,1
	10,2	21,0	30,87	22,935	193,8	0,8	23,5
	10,4	23,0	33,81	24,405	197,6	0,8	25,5
	10,6	23,0	33,81	24,405	201,4	0,7	25,3
	10,8	21,0	30,87	22,935	205,2	0,7	22,9
	11,0	20,0	29,4	22,2	209	0,7	21,6
	11,2	21,0	30,87	22,935	212,8	0,7	22,4
	11,4	23,0	33,81	24,405	216,6	0,7	24,3
	11,6	23,0	33,81	24,405	220,4	0,7	24,1
	11,8	24,0	35,28	25,14	224,2	0,7	25,0
	12,0	24,0	35,28	25,14	228	0,7	24,7
DPSH 4	0,2	5	7,35	7,35	3,8	1,5	10,8
	0,4	3	4,41	4,41	7,6	1,4	6,4
	0,6	2	2,94	2,94	11,4	1,4	4,2
	0,8	5	7,35	7,35	15,2	1,4	10,2
	1,0	5	7,35	7,35	19	1,4	10,1
	1,2	4	5,88	5,88	22,8	1,3	7,9
	1,4	4	5,88	5,88	26,6	1,3	7,8
	1,6	3	4,41	4,41	30,4	1,3	5,7
	1,8	4	5,88	5,88	34,2	1,3	7,5
	2,0	3	4,41	4,41	38	1,3	5,6
	2,2	5	7,35	7,35	41,8	1,2	9,1
	2,4	5	7,35	7,35	45,6	1,2	9,0
	2,6	8	11,76	11,76	49,4	1,2	14,1
	2,8	9	13,23	13,23	53,2	1,2	15,7
	3,0	10	14,7	14,7	57	1,2	17,2

3,2	10	14,7	14,7	60,8	1,2	16,9
3,4	10	14,7	14,7	64,6	1,1	16,7
3,6	13	19,11	19,11	68,4	1,1	21,4
3,8	12	17,64	17,64	72,2	1,1	19,4
4,0	15	22,05	18,525	76	1,1	24,0
4,2	16	23,52	19,26	79,8	1,1	25,2
4,4	20	29,4	22,2	83,6	1,1	31,1
4,6	26	38,22	26,61	87,4	1,0	39,9
4,8	28	41,16	28,08	91,2	1,0	42,4
5,0	35	51,45	33,225	95	1,0	52,3
5,2	33	48,51	31,755	98,8	1,0	48,7
5,4	24	35,28	25,14	102,6	1,0	35,0
5,6	26	38,22	26,61	106,4	1,0	37,4
5,8	24	35,28	25,14	110,2	1,0	34,1
6,0	25	36,75	25,875	114	1,0	35,1
6,2	20	29,4	22,2	117,8	0,9	27,8
6,4	15	22,05	18,525	121,6	0,9	20,6
6,6	14	20,58	20,58	125,4	0,9	19,0
6,8	13	19,11	19,11	129,2	0,9	17,4
7,0	12	17,64	17,64	133	0,9	15,9
7,2	10	14,7	14,7	136,8	0,9	13,1
7,4	10	14,7	14,7	140,6	0,9	12,9
7,6	10	14,7	14,7	144,4	0,9	12,8
7,8	9	13,23	13,23	148,2	0,9	11,4
8,0	8	11,76	11,76	152	0,9	10,0
8,2	9	13,23	13,23	155,8	0,8	11,2
8,4	13	19,11	19,11	159,6	0,8	15,9
8,6	12	17,64	17,64	163,4	0,8	14,6
8,8	12	17,64	17,64	167,2	0,8	14,4
9,0	15	22,05	18,525	171	0,8	17,8

	9,2	16	23,52	19,26	174,8	0,8	18,8
	9,4	19	27,93	21,465	178,6	0,8	22,1
	9,6	19	27,93	21,465	182,4	0,8	21,9
	9,8	19	27,93	21,465	186,2	0,8	21,7
	10,0	18	26,46	20,73	190	0,8	20,4
	10,2	19	27,93	21,465	193,8	0,8	21,3
	10,4	20	29,4	22,2	197,6	0,8	22,2
	10,6	20	29,4	22,2	201,4	0,7	22,0
	10,8	21	30,87	22,935	205,2	0,7	22,9
	11,0	20	29,4	22,2	209	0,7	21,6
	11,2	24	35,28	25,14	212,8	0,7	25,6
	11,4	26	38,22	26,61	216,6	0,7	27,5
	11,6	29	42,63	28,815	220,4	0,7	30,4
	11,8	29	42,63	28,815	224,2	0,7	30,1
	12,0	30	44,1	29,55	228	0,7	30,9
DPSH 5	0,2	4	5,88	5,88	3,8	1,5	8,7
	0,4	6	8,82	8,82	7,6	1,4	12,7
	0,6	5	7,35	7,35	11,4	1,4	10,4
	0,8	4	5,88	5,88	15,2	1,4	8,2
	1,0	5	7,35	7,35	19	1,4	10,1
	1,2	4	5,88	5,88	22,8	1,3	7,9
	1,4	3	4,41	4,41	26,6	1,3	5,8
	1,6	2	2,94	2,94	30,4	1,3	3,8
	1,8	5	7,35	7,35	34,2	1,3	9,4
	2,0	10	14,7	14,7	38	1,3	18,5
	2,2	10	14,7	14,7	41,8	1,2	18,2
	2,4	10	14,7	14,7	45,6	1,2	18,0
	2,6	9	13,23	13,23	49,4	1,2	15,9
	2,8	16	23,52	19,26	53,2	1,2	27,9
	3,0	10	14,7	14,7	57	1,2	17,2

3,2	9	13,23	13,23	60,8	1,2	15,2
3,4	8	11,76	11,76	64,6	1,1	13,3
3,6	13	19,11	19,11	68,4	1,1	21,4
3,8	15	22,05	18,525	72,2	1,1	24,3
4,0	9	13,23	13,23	76	1,1	14,4
4,2	15	22,05	18,525	79,8	1,1	23,6
4,4	16	23,52	19,26	83,6	1,1	24,9
4,6	21	30,87	22,935	87,4	1,0	32,2
4,8	23	33,81	24,405	91,2	1,0	34,8
5,0	31	45,57	30,285	95	1,0	46,3
5,2	21	30,87	22,935	98,8	1,0	31,0
5,4	20	29,4	22,2	102,6	1,0	29,1
5,6	21	30,87	22,935	106,4	1,0	30,2
5,8	26	38,22	26,61	110,2	1,0	37,0
6,0	29	42,63	28,815	114	1,0	40,7
6,2	28	41,16	28,08	117,8	0,9	38,9
6,4	21	30,87	22,935	121,6	0,9	28,8
6,6	20	29,4	22,2	125,4	0,9	27,1
6,8	9	13,23	13,23	129,2	0,9	12,1
7,0	8	11,76	11,76	133	0,9	10,6
7,2	7	10,29	10,29	136,8	0,9	9,2
7,4	8	11,76	11,76	140,6	0,9	10,4
7,6	7	10,29	10,29	144,4	0,9	9,0
7,8	7	10,29	10,29	148,2	0,9	8,9
8,0	8	11,76	11,76	152	0,9	10,0
8,2	9	13,23	13,23	155,8	0,8	11,2
8,4	13	19,11	19,11	159,6	0,8	15,9
8,6	12	17,64	17,64	163,4	0,8	14,6
8,8	12	17,64	17,64	167,2	0,8	14,4
9,0	15	22,05	18,525	171	0,8	17,8

	9,2	16	23,52	19,26	174,8	0,8	18,8
	9,4	19	27,93	21,465	178,6	0,8	22,1
	9,6	19	27,93	21,465	182,4	0,8	21,9
	9,8	19	27,93	21,465	186,2	0,8	21,7
	10,0	18	26,46	20,73	190	0,8	20,4
	10,2	19	27,93	21,465	193,8	0,8	21,3
	10,4	20	29,4	22,2	197,6	0,8	22,2
	10,6	20	29,4	22,2	201,4	0,7	22,0
	10,8	21	30,87	22,935	205,2	0,7	22,9
	11,0	25	36,75	25,875	209	0,7	27,0
	11,2	26	38,22	26,61	212,8	0,7	27,8
	11,4	34	49,98	32,49	216,6	0,7	36,0
	11,6	38	55,86	35,43	220,4	0,7	39,9
	11,8	35	51,45	33,225	224,2	0,7	36,4
	12,0	33	48,51	31,755	228	0,7	34,0

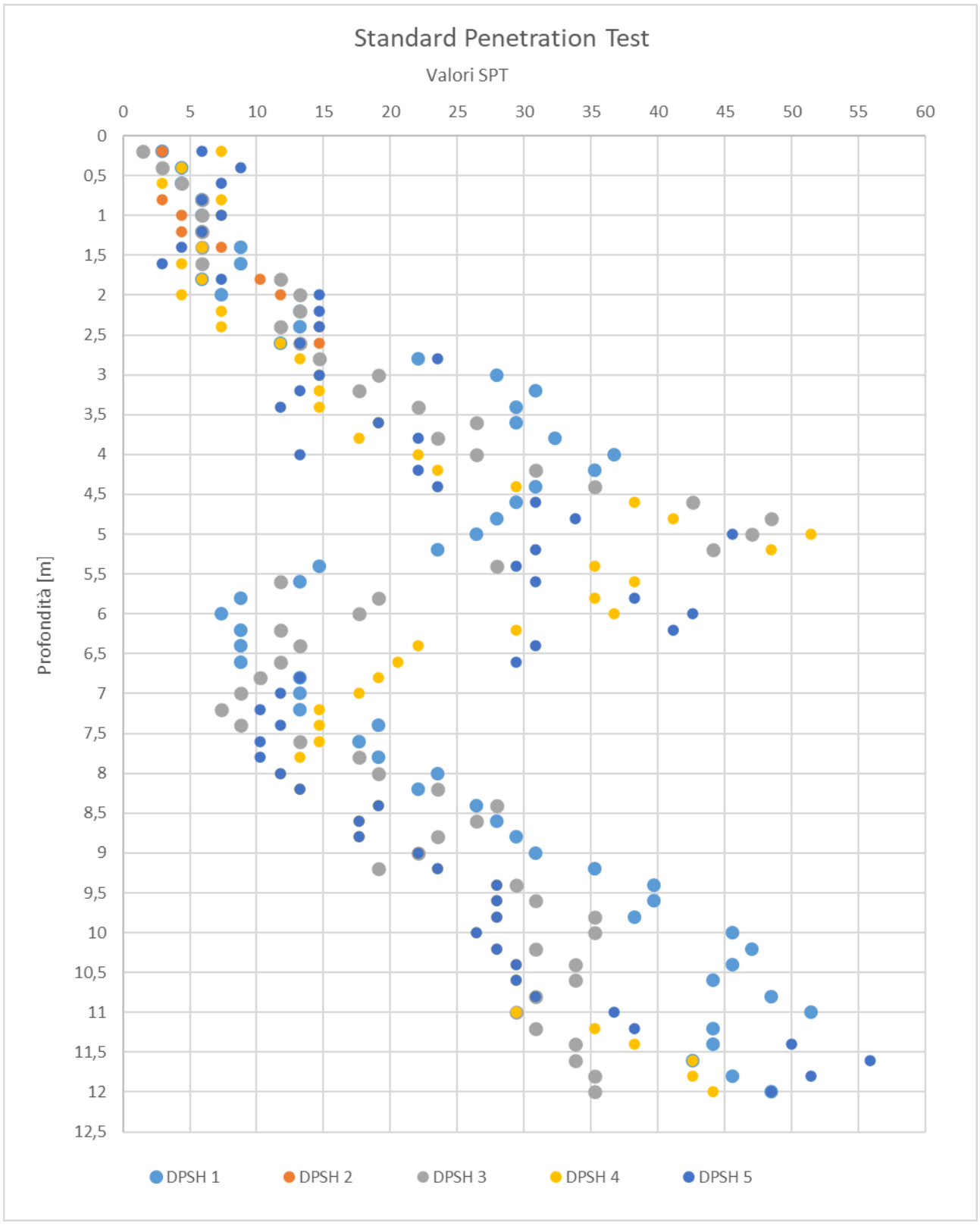


Figura 7: Grafico valori S.P.T. ricavati dalle prove D.P.S.H. realizzate in sito.

8.1.2 DENSITÀ RELATIVA DA S.P.T.

Si riportano di seguito la tabella e il grafico della densità relativa proveniente dalle prove DPSH realizzate in sito.

Profondità [m]	Prova Nr	$N_{1(60)}$	Dr [%]	Prova Nr	$N_{1(60)}$	Dr [%]	Prova Nr	$N_{1(60)}$	Dr [%]	Prova Nr	$N_{1(60)}$	Dr [%]	Prova Nr	$N_{1(60)}$	Dr [%]
0,2		4,3	27%		4,3	27%		2,2	19%		10,8	42%		8,7	38%
0,4		6,4	33%		4,2	27%		4,2	27%		6,4	33%		12,7	46%
0,6		6,3	32%		6,3	32%		6,3	32%		4,2	26%		10,4	42%
0,8		8,2	37%		4,1	26%		8,2	37%		10,2	41%		8,2	37%
1		8,1	37%		6,0	32%		8,1	37%		10,1	41%		10,1	41%
1,2		7,9	36%		5,9	31%		7,9	36%		7,9	36%		7,9	36%
1,4		11,7	44%		9,7	40%		7,8	36%		7,8	36%		5,8	31%
1,6		11,5	44%		7,7	36%		7,7	36%		5,7	31%		3,8	25%
1,8		7,5	35%		13,2	47%		15,1	50%		7,5	35%		9,4	40%
2		9,3	39%		14,8	50%		16,7	53%		5,6	30%		18,5	56%
2,2		16,4	52%		16,4	52%		16,4	52%		9,1	39%		18,2	55%
2,4		16,2	52%		18,0	55%		14,4	49%		9,0	39%		18,0	55%
2,6		14,1	49%		17,7	54%		15,9	52%		14,1	49%		15,9	52%
2,8		26,1	66%		22,6	61%		17,4	54%		15,7	51%		27,9	68%
3		32,6	74%		17,2	53%		22,3	61%		17,2	53%		17,2	53%
3,2		35,5	77%		22,0	61%		20,3	58%		16,9	53%		15,2	50%
3,4		33,3	75%		20,0	58%		25,0	65%		16,7	53%		13,3	47%
3,6		32,9	74%		21,4	60%		29,6	70%		21,4	60%		21,4	60%
3,8		35,6	77%		16,2	52%		25,9	66%		19,4	57%		24,3	64%
4		39,9	82%		33,6	75%		28,8	69%		24,0	63%		14,4	49%
4,2		37,8	79%		39,4	81%		33,1	74%		25,2	65%		23,6	63%
4,4		32,7	74%		54,4	95%		37,3	79%		31,1	72%		24,9	64%
4,6		30,7	72%		58,3	99%		44,5	86%		39,9	82%		32,2	73%
4,8		28,8	69%		31,8	73%		50,0	91%		42,4	84%		34,8	76%
5		26,9	67%		13,5	47%		47,8	89%		52,3	93%		46,3	88%
5,2		23,8	63%		11,9	45%		44,6	86%		49,0	90%		31,2	72%
5,4		14,8	50%		8,9	38%		28,1	68%		35,4	77%		29,5	70%
5,6		13,2	47%		11,7	44%		11,7	44%		38,2	80%		30,8	72%
5,8		8,8	38%		8,8	38%		19,0	56%		35,0	76%		37,9	80%
6	DPSH 1	7,3	35%	DPSH 2	7,3	35%	DPSH 3	17,4	54%	DPSH 4	36,3	78%	DPSH 5	42,1	84%
6,2		8,7	38%		8,7	38%		11,5	44%		28,8	69%		40,4	82%
6,4		8,6	38%		4,3	27%		12,9	46%		21,5	60%		30,1	71%
6,6		8,6	38%		7,1	34%		11,4	44%		20,0	58%		28,5	69%
6,8		12,8	46%		11,3	43%		9,9	41%		18,4	55%		12,8	46%
7		12,7	46%		11,3	43%		8,5	38%		16,9	53%		11,3	43%
7,2		12,6	46%		12,6	46%		7,0	34%		14,0	48%		9,8	40%
7,4		18,1	55%		18,1	55%		8,4	37%		13,9	48%		11,1	43%
7,6		16,6	53%		16,6	53%		12,5	46%		13,9	48%		9,7	40%
7,8		17,9	55%		16,5	52%		16,5	52%		12,4	45%		9,6	40%
8		21,9	60%		17,8	54%		17,8	54%		11,0	43%		11,0	43%
8,2		20,4	58%		16,3	52%		21,8	60%		12,3	45%		12,3	45%
8,4		24,4	64%		20,3	58%		25,7	65%		17,6	54%		17,6	54%
8,6		25,6	65%		21,6	60%		24,2	64%		16,2	52%		16,2	52%
8,8		26,8	67%		21,4	60%		21,4	60%		16,1	52%		16,1	52%
9		28,0	68%		20,0	58%		20,0	58%		20,0	58%		20,0	58%
9,2		31,8	73%		23,9	63%		17,2	54%		21,2	59%		21,2	59%
9,4		35,6	77%		25,0	65%		26,4	66%		25,0	65%		25,0	65%
9,6		35,4	77%		17,0	53%		27,5	68%		24,9	64%		24,9	64%
9,8		33,9	75%		26,1	66%		31,3	72%		24,8	64%		24,8	64%
10		40,2	82%		27,2	67%		31,1	72%		23,3	62%		23,3	62%
10,2		41,3	83%		33,5	75%		27,1	67%		24,5	64%		24,5	64%
10,4		39,8	81%		37,2	79%		29,5	70%		25,7	65%		25,7	65%
10,6		38,3	80%		35,7	77%		29,4	70%		25,5	65%		25,5	65%
10,8		41,9	84%		36,8	78%		26,7	67%		26,7	67%		26,7	67%
11		44,2	86%		37,9	79%		25,3	65%		25,3	65%		31,6	73%
11,2		37,7	79%		41,5	83%		26,4	66%		30,2	71%		32,7	74%
11,4		37,5	79%		40,0	82%		28,8	69%		32,5	74%		42,5	84%
11,6		36,1	78%		38,6	80%		28,6	69%		36,1	78%		47,3	89%
11,8		38,4	80%		39,6	81%		29,7	70%		35,9	77%		43,3	85%
12		40,7	82%		38,2	80%		29,6	70%		37,0	78%		40,7	82%

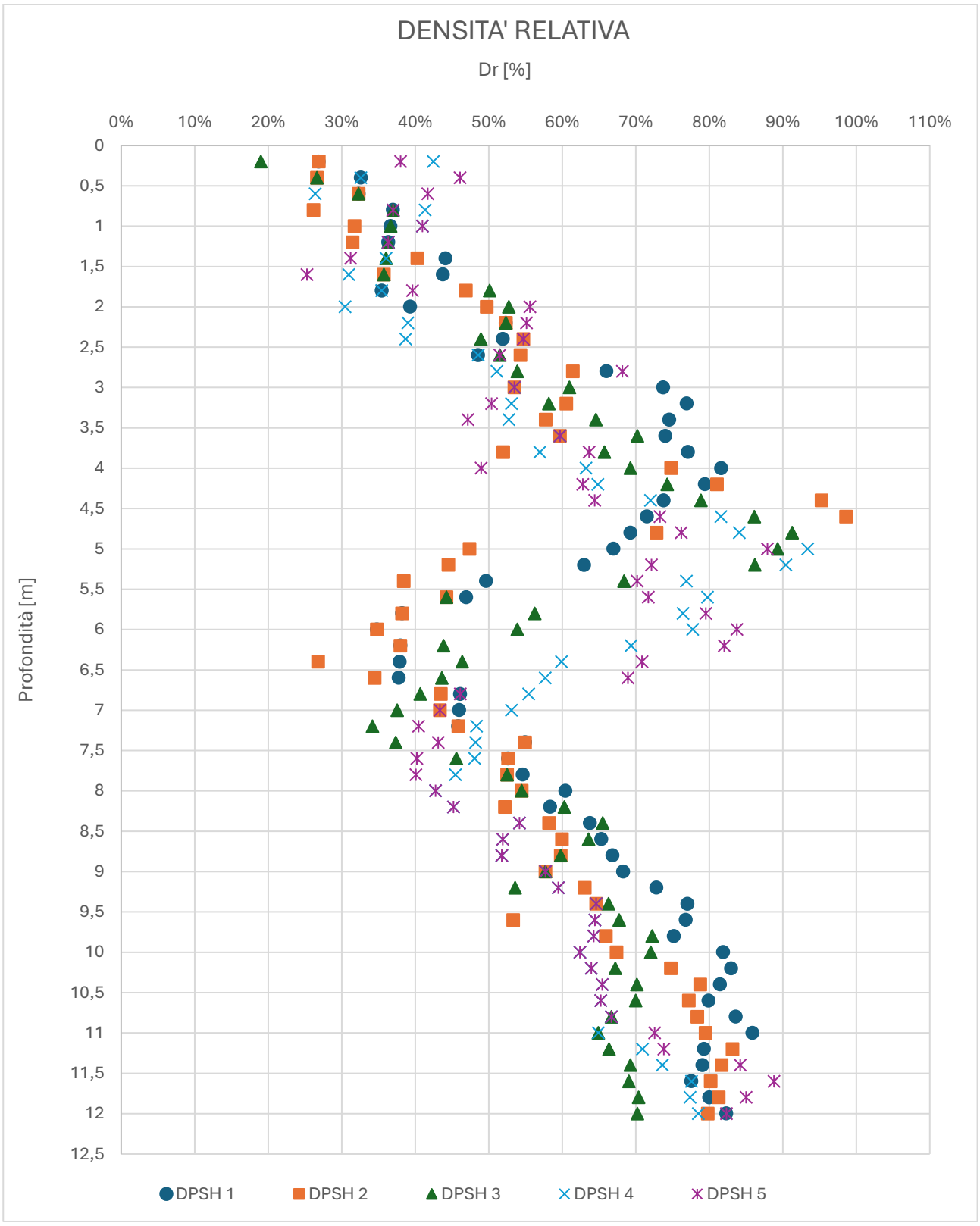


Figura 8: Grafico valori densità relativa ricavati dalle prove D.P.S.H. realizzate in sito.

8.1.3 MODULO ELASTICO DA S.P.T.

Si riportano di seguito la tabella e il grafico del modulo elastico ricavato dalle prove DPSH realizzate in sito.

Profondità [m]	Prova Nr	$N_{1(60)}$	E [kPa] (D'Appolonia)	Prova Nr	$N_{1(60)}$	E [kPa] (D'Appolonia)	Prova Nr	$N_{1(60)}$	E [kPa] (D'Appolonia)	Prova Nr	$N_{1(60)}$	E [kPa] (D'Appolonia)	Prova Nr	$N_{1(60)}$	E [kPa] (D'Appolonia)
0,2		4,3	38876		4,3	38876		2,2	37833		10,8	42005		8,7	40962
0,4		6,4	39919		4,2	38876		4,2	38876		6,4	39919		12,7	43048
0,6		6,3	39919		6,3	39919		6,3	39919		4,2	38876		10,4	42005
0,8		8,2	40962		4,1	38876		8,2	40962		10,2	42005		8,2	40962
1		8,1	40962		6,0	39919		8,1	40962		10,1	42005		10,1	42005
1,2		7,9	40962		5,9	39919		7,9	40962		7,9	40962		7,9	40962
1,4		11,7	43048		9,7	42005		7,8	40962		7,8	40962		5,8	39919
1,6		11,5	43048		7,7	40962		7,7	40962		5,7	39919		3,8	38876
1,8		7,5	40962		13,2	44091		15,1	45134		7,5	40962		9,4	42005
2		9,3	42005		14,8	45134		16,7	46177		5,6	39919		18,5	47220
2,2		16,4	46177		16,4	46177		16,4	46177		9,1	42005		18,2	47220
2,4		16,2	46177		18,0	47220		14,4	45134		9,0	42005		18,0	47220
2,6		14,1	45134		17,7	47220		15,9	46177		14,1	45134		15,9	46177
2,8		26,1	52435		22,6	50349		17,4	47220		15,7	46177		27,9	53478
3		32,6	56607		17,2	47220		22,3	50349		17,2	47220		17,2	47220
3,2		35,5	58693		22,0	50349		20,3	49306		16,9	47220		15,2	46177
3,4		33,3	57650		20,0	49306		25,0	52435		16,7	47220		13,3	45134
3,6		32,9	57650		21,4	50349		29,6	55564		21,4	50349		21,4	50349
3,8		35,6	59736		16,2	47220		25,9	53478		19,4	49306		24,3	52435
4		39,9	62865		33,6	58693		28,8	55564		24,0	52435		14,4	46177
4,2		37,8	61822		39,4	62865		33,1	58693		25,2	53478		23,6	52435
4,4		32,7	58693		54,4	73295		37,3	61822		31,1	57650		24,9	53478
4,6		30,7	57650		58,3	76424		44,5	67037		39,9	63908		32,2	58693
4,8		28,8	56607		31,8	58693		50,0	71209		42,4	65994		34,8	60779
5		26,9	55564		13,5	46177		47,8	70166		52,3	73295		46,3	69123
5,2		23,8	53478		11,9	45134		44,6	68080		49,0	71209		31,2	58693
5,4		14,8	47220		8,9	43048		28,1	56607		35,4	61822		29,5	57650
5,6		13,2	46177		11,7	45134		11,7	45134		38,2	63908		30,8	58693
5,8		8,8	43048		8,8	43048		19,0	50349		35,0	61822		37,9	63908
6	DPSH 1	7,3	42005	DPSH 2	7,3	42005	DPSH 3	17,4	49306	DPSH 4	36,3	62865	DPSH 5	42,1	67037
6,2		8,7	43048		8,7	43048		11,5	45134		28,8	57650		40,4	65994
6,4		8,6	43048		4,3	39919		12,9	46177		21,5	52435		30,1	58693
6,6		8,6	43048		7,1	42005		11,4	45134		20,0	51392		28,5	57650
6,8		12,8	46177		11,3	45134		9,9	44091		18,4	50349		12,8	46177
7		12,7	46177		11,3	45134		8,5	43048		16,9	49306		11,3	45134
7,2		12,6	46177		12,6	46177		7,0	42005		14,0	47220		9,8	44091
7,4		18,1	50349		18,1	50349		8,4	43048		13,9	47220		11,1	45134
7,6		16,6	49306		16,6	49306		12,5	46177		13,9	47220		9,7	44091
7,8		17,9	50349		16,5	49306		16,5	49306		12,4	46177		9,6	44091
8		21,9	53478		17,8	50349		17,8	50349		11,0	45134		11,0	45134
8,2		20,4	52435		16,3	49306		21,8	53478		12,3	46177		12,3	46177
8,4		24,4	55564		20,3	52435		25,7	56607		17,6	50349		17,6	50349
8,6		25,6	56607		21,6	53478		24,2	55564		16,2	49306		16,2	49306
8,8		26,8	57650		21,4	53478		21,4	53478		16,1	49306		16,1	49306
9		28,0	58693		20,0	52435		20,0	52435		20,0	52435		20,0	52435
9,2		31,8	61822		23,9	55564		17,2	50349		21,2	53478		21,2	53478
9,4		35,6	64951		25,0	56607		26,4	57650		25,0	56607		25,0	56607
9,6		35,4	64951		17,0	50349		27,5	58693		24,9	56607		24,9	56607
9,8		33,9	63908		26,1	57650		31,3	61822		24,8	56607		24,8	56607
10		40,2	69123		27,2	58693		31,1	61822		23,3	55564		23,3	55564
10,2		41,3	70166		33,5	63908		27,1	58693		24,5	56607		24,5	56607
10,4		39,8	69123		37,2	67037		29,5	60779		25,7	57650		25,7	57650
10,6		38,3	68080		35,7	65994		29,4	60779		25,5	57650		25,5	57650
10,8		41,9	71209		36,8	67037		26,7	58693		26,7	58693		26,7	58693
11		44,2	73295		37,9	68080		25,3	57650		25,3	57650		31,6	62865
11,2		37,7	68080		41,5	71209		26,4	58693		30,2	61822		32,7	63908
11,4		37,5	68080		40,0	70166		28,8	60779		32,5	63908		42,5	72252
11,6		36,1	67037		38,6	69123		28,6	60779		36,1	67037		47,3	76424
11,8		38,4	69123		39,6			29,7	61822		35,9	67037		43,3	73295
12		40,7	71209		38,2			29,6	61822		37,0	68080		40,7	71209

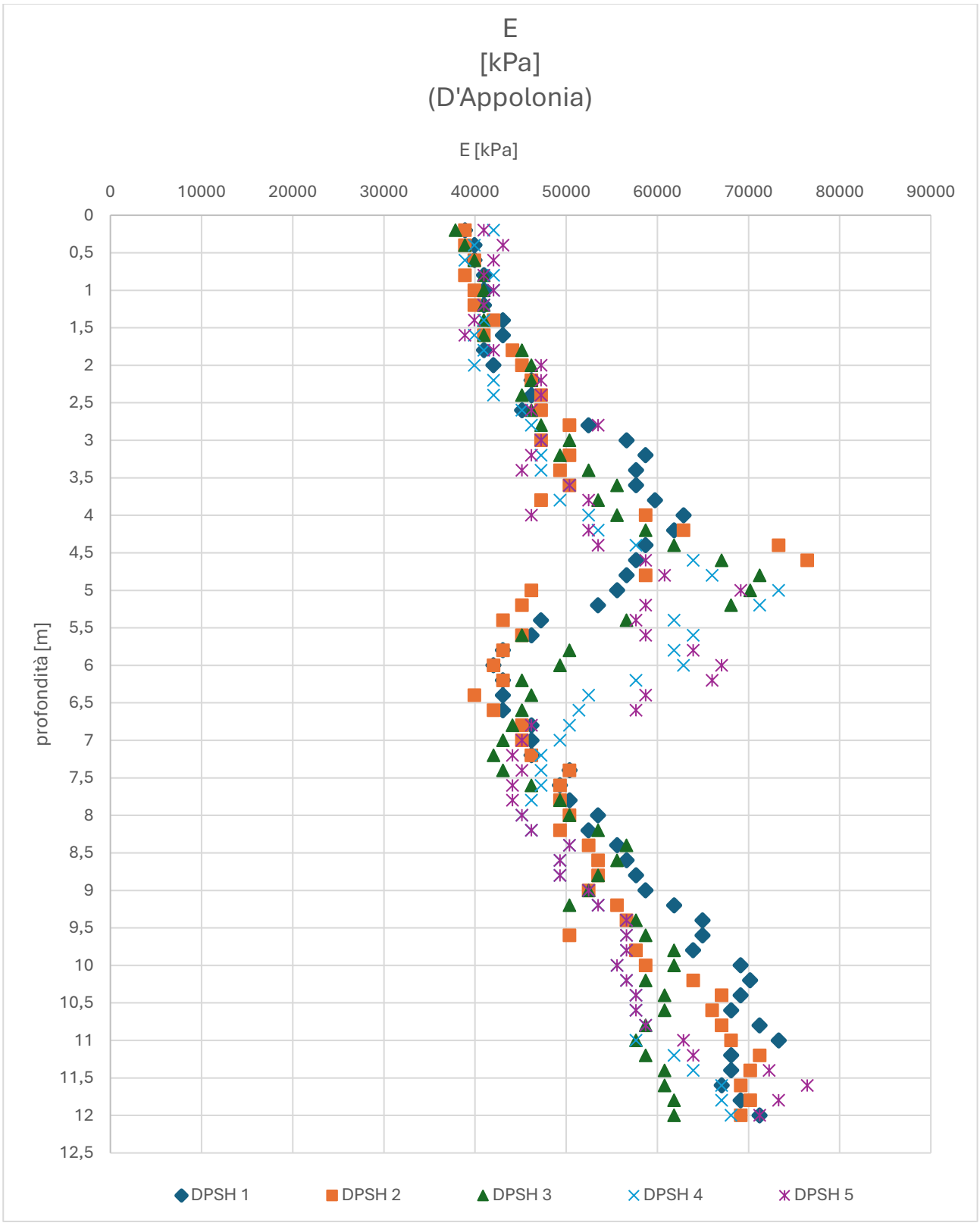


Figura 9: Grafico valori modulo elastico ricavati dalle prove D.P.S.H. realizzate in sito.

8.1.4 ANGOLO D'ATTRITO DA S.P.T.

Si riportano di seguito la tabella e il grafico dell'angolo d'attrito ricavato dalle prove DPSH realizzate in sito.

Profondità [m]	Prova Nr	$N_{1(60)}$	Φ' [°]	Prova Nr	$N_{1(60)}$	Φ' [°]	Prova Nr	$N_{1(60)}$	Φ' [°]	Prova Nr	$N_{1(60)}$	Φ' [°]	Prova Nr	$N_{1(60)}$	Φ' [°]
0,2		4,3	24,30		4,3	24,30		2,2	21,58		10,8	29,71		8,7	28,16
0,4		6,4	26,29		4,2	24,22		4,2	24,22		6,4	26,29		12,7	30,97
0,6		6,3	26,19		6,3	26,19		6,3	26,19		4,2	24,13		10,4	29,44
0,8		8,2	27,80		4,1	24,05		8,2	27,80		10,2	29,32		8,2	27,80
1		8,1	27,69		6,0	25,99		8,1	27,69		10,1	29,19		10,1	29,19
1,2		7,9	27,58		5,9	25,90		7,9	27,58		7,9	27,58		7,9	27,58
1,4		11,7	30,28		9,7	28,95		7,8	27,48		7,8	27,48		5,8	25,81
1,6		11,5	30,16		7,7	27,37		7,7	27,37		5,7	25,72		3,8	23,75
1,8		7,5	27,27		13,2	31,24		15,1	32,36		7,5	27,27		9,4	28,72
2		9,3	28,61		14,8	32,22		16,7	33,26		5,6	25,54		18,5	34,25
2,2		16,4	33,12		16,4	33,12		16,4	33,12		9,1	28,50		18,2	34,10
2,4		16,2	32,98		18,0	33,95		14,4	31,95		9,0	28,40		18,0	33,95
2,6		14,1	31,82		17,7	33,81		15,9	32,84		14,1	31,82		15,9	32,84
2,8		26,1	37,86		22,6	36,28		17,4	33,66		15,7	32,71		27,9	38,61
3		32,6	40,54		17,2	33,53		22,3	36,12		17,2	33,53		17,2	33,53
3,2		35,5	41,65		22,0	35,97		20,3	35,15		16,9	33,39		15,2	32,45
3,4		33,3	40,82		20,0	35,00		25,0	37,36		16,7	33,26		13,3	31,33
3,6		32,9	40,64		21,4	35,67		29,6	39,32		21,4	35,67		21,4	35,67
3,8		35,6	41,70		16,2	33,00		25,9	37,77		19,4	34,72		24,3	37,05
4		39,9	43,27		33,6	40,91		28,8	38,98		24,0	36,89		14,4	31,96
4,2		37,8	42,51		39,4	43,07		33,1	40,73		25,2	37,46		23,6	36,74
4,4		32,7	40,56		54,4	47,99		37,3	42,32		31,1	39,94		24,9	37,31
4,6		30,7	39,77		58,3	49,15		44,5	44,83		39,9	43,25		32,2	40,39
4,8		28,8	38,99		31,8	40,22		50,0	46,62		42,4	44,12		34,8	41,39
5		26,9	38,20		13,5	31,40		47,8	45,93		52,3	47,35		46,3	45,44
5,2		23,8	36,81		11,9	30,42		44,6	44,86		49,0	46,32		31,2	39,98
5,4		14,8	32,19		8,9	28,31		28,1	38,69		35,4	41,63		29,5	39,31
5,6		13,2	31,26		11,7	30,33		11,7	30,33		38,2	42,63		30,8	39,83
5,8		8,8	28,23		8,8	28,23		19,0	34,48		35,0	41,47		37,9	42,55
6	DPSH 1	7,3	27,04	DPSH 2	7,3	27,04	DPSH 3	17,4	33,66	DPSH 4	36,3	41,93	DPSH 5	42,1	44,01
6,2		8,7	28,16		8,7	28,16		11,5	30,19		28,8	39,02		40,4	43,42
6,4		8,6	28,12		4,3	24,27		12,9	31,06		21,5	35,74		30,1	39,54
6,6		8,6	28,08		7,1	26,94		11,4	30,10		20,0	34,98		28,5	38,88
6,8		12,8	30,97		11,3	30,06		9,9	29,09		18,4	34,19		12,8	30,97
7		12,7	30,93		11,3	30,01		8,5	28,00		16,9	33,39		11,3	30,01
7,2		12,6	30,88		12,6	30,88		7,0	26,84		14,0	31,74		9,8	29,00
7,4		18,1	34,03		18,1	34,03		8,4	27,93		13,9	31,69		11,1	29,93
7,6		16,6	33,23		16,6	33,23		12,5	30,79		13,9	31,64		9,7	28,93
7,8		17,9	33,92		16,5	33,18		16,5	33,18		12,4	30,75		9,6	28,89
8		21,9	35,93		17,8	33,87		17,8	33,87		11,0	29,80		11,0	29,80
8,2		20,4	35,21		16,3	33,08		21,8	35,88		12,3	30,66		12,3	30,66
8,4		24,4	37,08		20,3	35,16		25,7	37,69		17,6	33,77		17,6	33,77
8,6		25,6	37,62		21,6	35,76		24,2	37,02		16,2	32,98		16,2	32,98
8,8		26,8	38,15		21,4	35,70		21,4	35,70		16,1	32,93		16,1	32,93
9		28,0	38,66		20,0	34,99		20,0	34,99		20,0	34,99		20,0	34,99
9,2		31,8	40,22		23,9	36,84		17,2	33,56		21,2	35,59		21,2	35,59
9,4		35,6	41,68		25,0	37,38		26,4	37,96		25,0	37,38		25,0	37,38
9,6		35,4	41,61		17,0	33,46		27,5	38,46		24,9	37,32		24,9	37,32
9,8		33,9	41,04		26,1	37,84		31,3	40,02		24,8	37,26		24,8	37,26
10		40,2	43,36		27,2	38,34		31,1	39,95		23,3	36,61		23,3	36,61
10,2		41,3	43,74		33,5	40,90		27,1	38,28		24,5	37,14		24,5	37,14
10,4		39,8	43,21		37,2	42,28		29,5	39,30		25,7	37,66		25,7	37,66
10,6		38,3	42,68		35,7	41,74		29,4	39,23		25,5	37,60		25,5	37,60
10,8		41,9	43,95		36,8	42,14		26,7	38,10		26,7	38,10		26,7	38,10
11		44,2	44,74		37,9	42,53		25,3	37,48		25,3	37,48		31,6	40,14
11,2		37,7	42,46		41,5	43,80		26,4	37,98		30,2	39,56		32,7	40,57
11,4		37,5	42,39		40,0	43,29		28,8	38,99		32,5	40,50		42,5	44,16
11,6		36,1	41,86		38,6	42,78		28,6	38,92		36,1	41,86		47,3	45,75
11,8		38,4	42,71		39,6	43,15		29,7	39,38		35,9	41,80		43,3	44,44
12		40,7	43,51		38,2	42,64		29,6	39,32		37,0	42,19		40,7	43,51

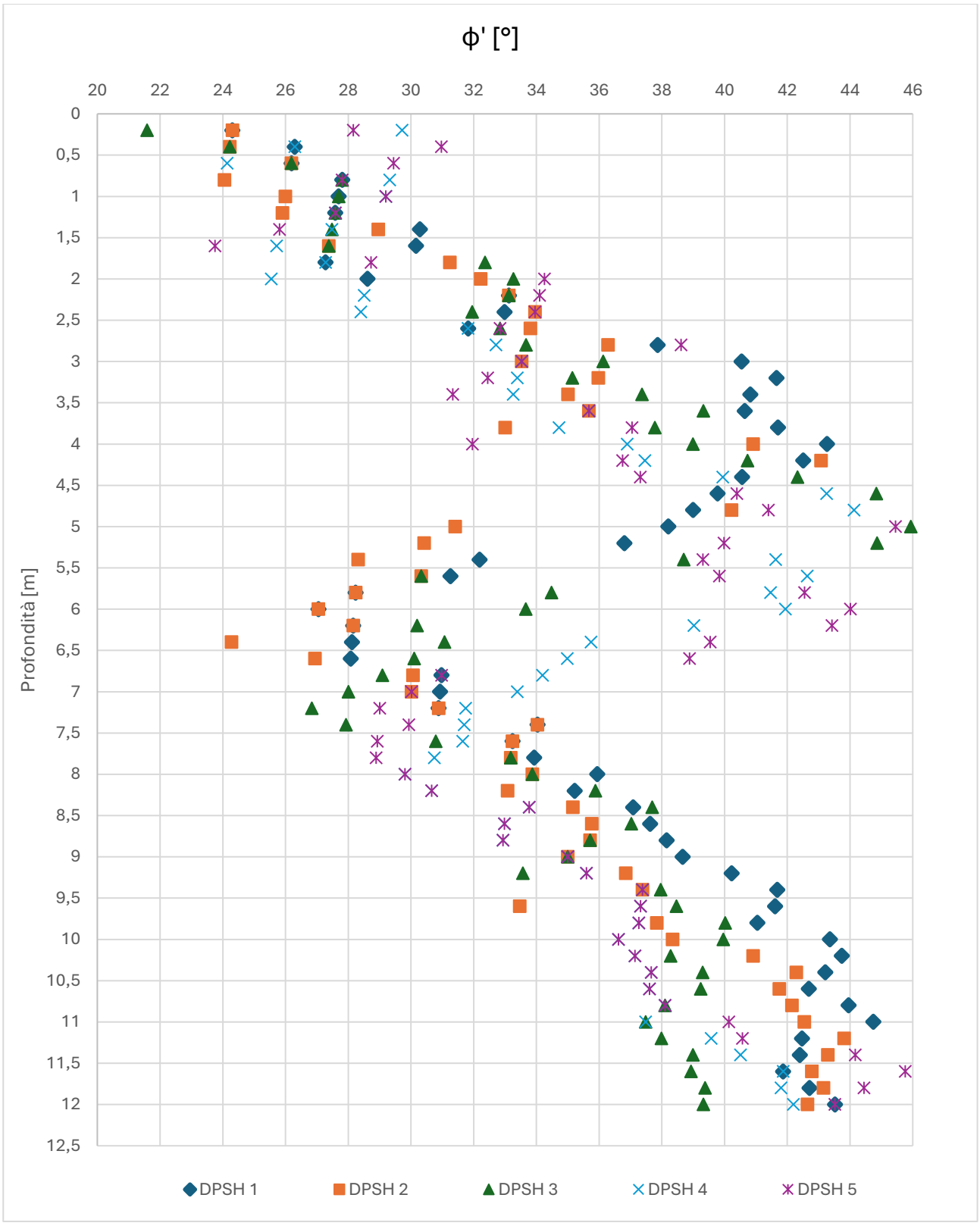


Figura 10: Grafico valori angolo d'attrito ricavati dalle prove D.P.S.H. realizzate in sito.

8.2 RISULTATI PROVE DI RESISTENZA MECCANICA S.P.T.

Di seguito, si riportano i risultati ottenuti dalle prove SPT nel foro dei sondaggi realizzati in sito.

8.2.1 NUMERO DI COLPI DA S.P.T.

Si riportano di seguito la tabella e il grafico del numero di colpi proveniente dalle prove SPT realizzate nei fori dei sondaggi.

Sondaggio	Prof. [m]	N_{SPT}	N'	Peso di volume [kN/m^3]	Livello falda [m]	σ'vo [kPa]	Cn	$N_{1(60)}$
S1	1,60	5	10	18	2	28,8	1,3	6,6
	3,00	33	24	18	2	44	1,2	40,6
	4,50	27	21	18	2	56	1,2	31,6
	6,00	16	15,5	18	2	68	1,1	17,9
	7,50	31	23	18	2	80	1,1	33,2
	9,00	44	29,5	18	2	92	1,0	45,2
	10,50	42	28,5	18	2	104	1,0	41,4
	12,00	58	36,5	18	2	116	0,9	55,1
	15,00	39	27	18	2	140	0,9	34,4
	18,00	41	28	18	2	164	0,8	33,8
	21,00	33	24	18	2	188	0,8	25,5
	24,00	38	26,5	18	2	212	0,7	27,7
	27,00	42	28,5	18	2	236	0,7	28,9
	30,00	39	27	18	2	260	0,7	25,4
	33,00	51	33	18	2	284	0,6	31,6
S2/PZ1	1,50	10	12,5	18	2	27	1,3	13,2
	3,00	43	29	18	2	44	1,2	52,9
	4,50	25	20	18	2	56	1,2	29,3
	6,00	34	24,5	18	2	68	1,1	38,1
	7,50	38	26,5	18	2	80	1,1	40,7
	9,00	27	21	18	2	92	1,0	27,7
	10,50	59	37	18	2	104	1,0	58,2
	12,00	43	29	18	2	116	0,9	40,8
	15,00	51	33	18	2	140	0,9	45,0
	18,00	29	22	18	2	164	0,8	23,9
	21,00	37	26	18	2	188	0,8	28,6

	24,00	36	25,5	18	2	212	0,7	26,2
	27,00	31	23	18	2	236	0,7	21,3
	30,00	49	32	18	2	260	0,7	32,0
	33,00	51	33	18	2	284	0,6	31,6
S3	1,60	7	11	18	2	28,8	1,3	9,2
	3,00	27	21	18	2	44	1,2	33,2
	4,50	29	22	18	2	56	1,2	34,0
	6,00	29	22	18	2	68	1,1	32,5
	7,50	44	29,5	18	2	80	1,1	47,1
	9,00	47	31	18	2	92	1,0	48,3
	10,50	39	27	18	2	104	1,0	38,5
	12,00	21	18	18	2	116	0,9	19,9
	15,00	49	32	18	2	140	0,9	43,2
	18,00	51	33	18	2	164	0,8	42,0
	21,00	22	18,5	18	2	188	0,8	17,0
	24,00	44	29,5	18	2	212	0,7	32,0
	27,00	22	18,5	18	2	236	0,7	15,1
	30,00	36	25,5	18	2	260	0,7	23,5
	33,00	37	26	18	2	284	0,6	22,9

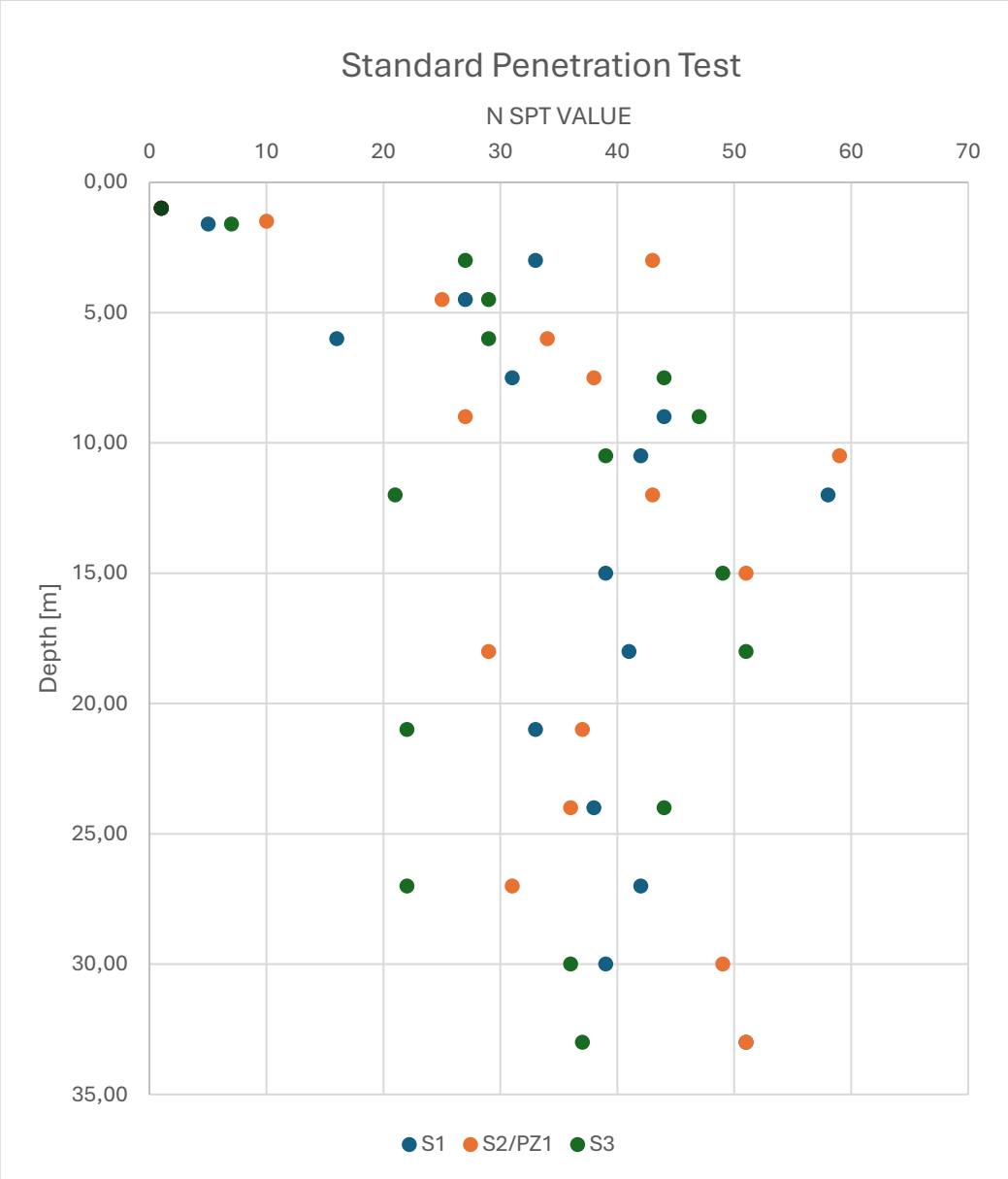


Figura 11: Grafico valori S.P.T. ricavati dalle prove S.P.T. realizzate in sito.

8.2.2 DENSITÀ RELATIVA DA S.P.T.

Si riportano di seguito la tabella e il grafico della densità relativa proveniente dalle prove SPT realizzate nei fori di sondaggio.

Sondaggio	Prof. [m]	$N_{1(60)}$	Dr [%]
S1	1,6	6,6	33%
	3	40,6	82%
	4,5	31,6	73%
	6	17,9	55%
	7,5	33,2	74%
	9	45,2	87%
	10,5	41,4	83%
	12	55,1	96%
	15	34,4	76%
	18	33,8	75%
	21	25,5	65%
	24	27,7	68%
	27	28,9	69%
	30	25,4	65%
	33	31,6	73%
S2/PZ1	1,5	13,2	47%
	3	52,9	94%
	4,5	29,3	70%
	6	38,1	80%
	7,5	40,7	82%
	9	27,7	68%
	10,5	58,2	99%
	12	40,8	82%
	15	45,0	87%
	18	23,9	63%
	21	28,6	69%
	24	26,2	66%
	27	21,3	60%
	30	32,0	73%
	33	31,6	73%
S3	1,6	9,2	39%
	3	33,2	74%
	4,5	34,0	75%
	6	32,5	74%
	7,5	47,1	89%
	9	48,3	90%
	10,5	38,5	80%
	12	19,9	58%
	15	43,2	85%
	18	42,0	84%
	21	17,0	53%
	24	32,0	73%
	27	15,1	50%
	30	23,5	63%
	33	22,9	62%

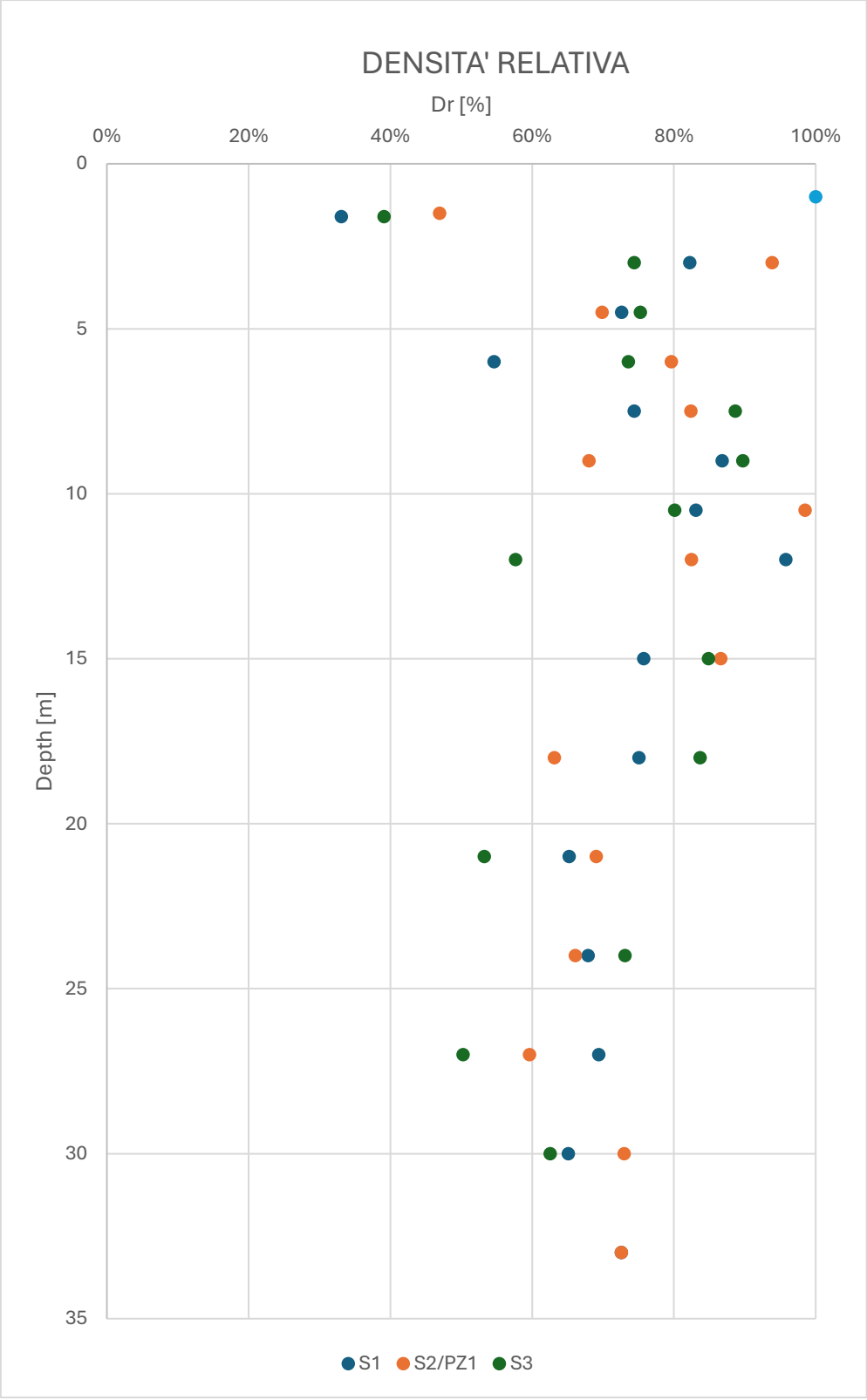
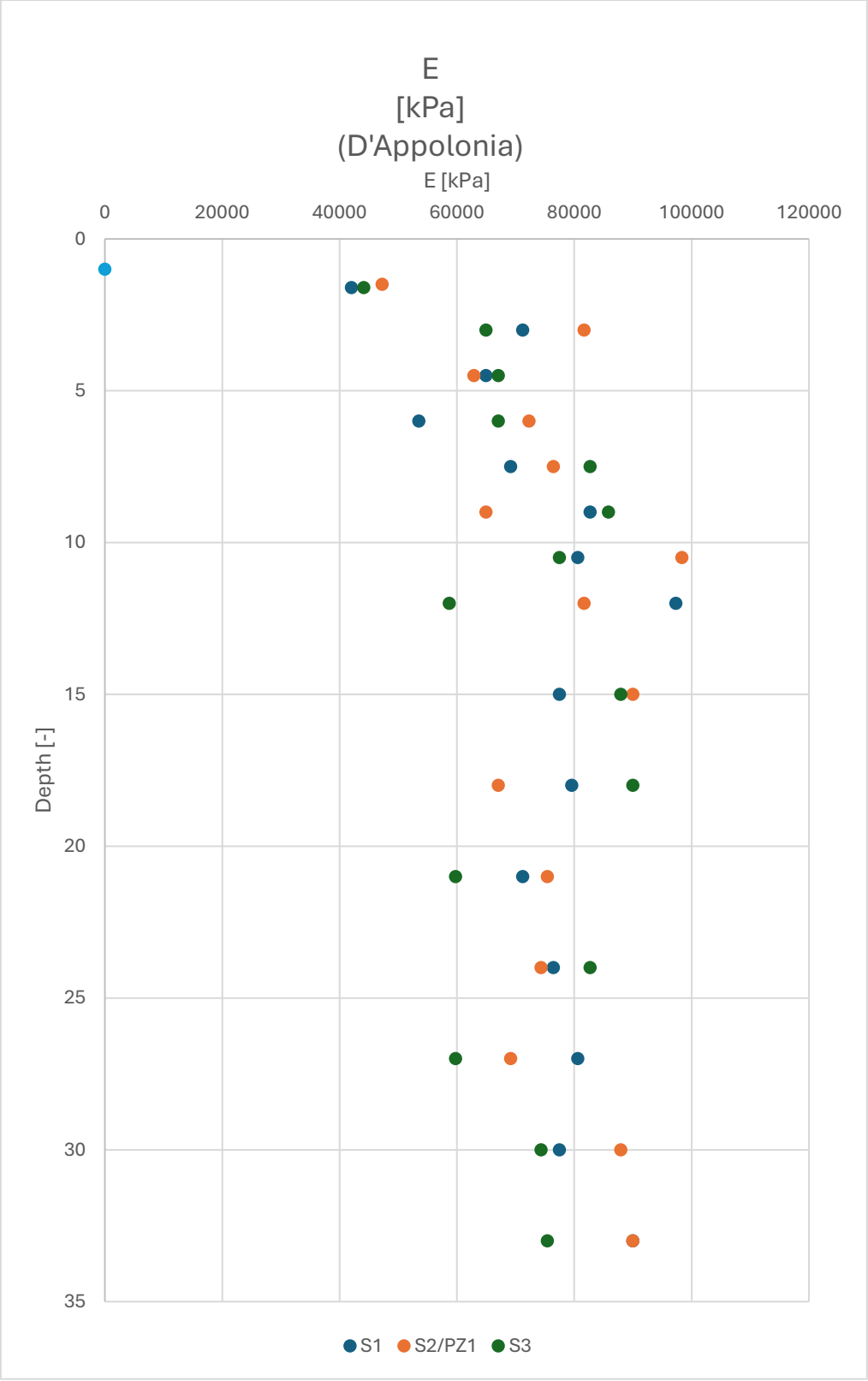


Figura 12: Grafico valori densità relativa ricavati dalle prove S.P.T. realizzate in sito.

8.2.3 MODULO ELASTICO DA S.P.T.

Si riportano di seguito la tabella e il grafico del modulo elastico ricavato dalle prove SPT realizzate nei fori di sondaggio.

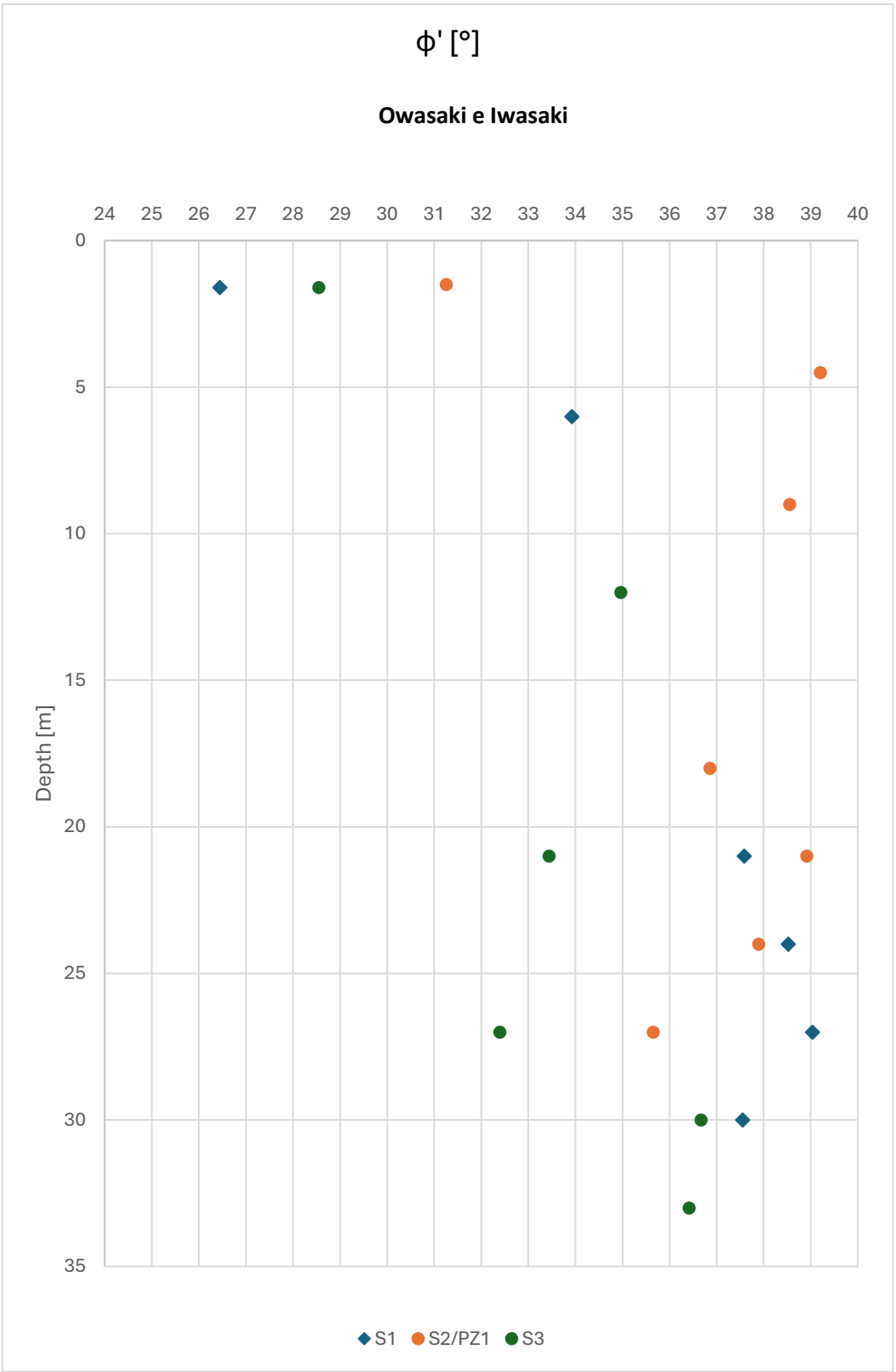
Sondaggio	Prof. [m]	N_{SPT}	$N_{1(60)}$	Dr [%]	Consolidazione	E [kPa] (D'Appolonia)
S1	1,6	5	6,6	33%	NC	42005
	3	33	40,6	82%	NC	71209
	4,5	27	31,6	73%	NC	64951
	6	16	17,9	55%	NC	53478
	7,5	31	33,2	74%	NC	69123
	9	44	45,2	87%	NC	82682
	10,5	42	41,4	83%	NC	80596
	12	58	55,1	96%	NC	97284
	15	39	34,4	76%	NC	77467
	18	41	33,8	75%	NC	79553
	21	33	25,5	65%	NC	71209
	24	38	27,7	68%	NC	76424
	27	42	28,9	69%	NC	80596
	30	39	25,4	65%	NC	77467
	33	51	31,6	73%	NC	89983
S2/PZ1	1,5	10	13,2	47%	NC	47220
	3	43	52,9	94%	NC	81639
	4,5	25	29,3	70%	NC	62865
	6	34	38,1	80%	NC	72252
	7,5	38	40,7	82%	NC	76424
	9	27	27,7	68%	NC	64951
	10,5	59	58,2	99%	NC	98327
	12	43	40,8	82%	NC	81639
	15	51	45,0	87%	NC	89983
	18	29	23,9	63%	NC	67037
	21	37	28,6	69%	NC	75381
	24	36	26,2	66%	NC	74338
	27	31	21,3	60%	NC	69123
	30	49	32,0	73%	NC	87897
	33	51	31,6	73%	NC	89983
S3	1,6	7	9,2	39%	NC	44091
	3	27	33,2	74%	NC	64951
	4,5	29	34,0	75%	NC	67037
	6	29	32,5	74%	NC	67037
	7,5	44	47,1	89%	NC	82682
	9	47	48,3	90%	NC	85811
	10,5	39	38,5	80%	NC	77467
	12	21	19,9	58%	NC	58693
	15	49	43,2	85%	NC	87897
	18	51	42,0	84%	NC	89983
	21	22	17,0	53%	NC	59736
	24	44	32,0	73%	NC	82682
	27	22	15,1	50%	NC	59736
	30	36	23,5	63%	NC	74338
	33	37	22,9	62%	NC	75381


E
[kPa]
(D'Appolonia)
E [kPa]
0
20000
40000
60000
80000
100000
120000
Depth [-]
0
5
10
15
20
25
30
35
S1
S2/PZ1
S3

8.2.4 ANGOLO D'ATTRITO DA S.P.T.

Si riportano di seguito la tabella e il grafico dell'angolo d'attrito ricavato dalle prove S.P.T. realizzate nei fori di sondaggio.

Sondaggio	Prof. [m]	$N_{1(60)}$	ϕ' [°]
S1	1,6	6,6	26,5
	3	40,6	43,5
	4,5	31,6	40,2
	6	17,9	33,9
	7,5	33,2	40,8
	9	45,2	45,1
	10,5	41,4	43,8
	12	55,1	48,2
	15	34,4	41,2
	18	33,8	41,0
	21	25,5	37,6
	24	27,7	38,5
	27	28,9	39,0
	30	25,4	37,6
	33	31,6	40,1
S2/PZ1	1,5	13,2	31,3
	3	52,9	47,5
	4,5	29,3	39,2
	6	38,1	42,6
	7,5	40,7	43,5
	9	27,7	38,6
	10,5	58,2	49,1
	12	40,8	43,6
	15	45,0	45,0
	18	23,9	36,9
	21	28,6	38,9
	24	26,2	37,9
	27	21,3	35,7
	30	32,0	40,3
	33	31,6	40,1
S3	1,6	9,2	28,5
	3	33,2	40,8
	4,5	34,0	41,1
	6	32,5	40,5
	7,5	47,1	45,7
	9	48,3	46,1
	10,5	38,5	42,7
	12	19,9	35,0
	15	43,2	44,4
	18	42,0	44,0
	21	17,0	33,4
	24	32,0	40,3
	27	15,1	32,4
	30	23,5	36,7
	33	22,9	36,4


ϕ' [°]
Owasaki e Iwasaki
24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40
0 5 10 15 20 25 30 35
Depth [m]
S1 S2/PZ1 S3

9 RISULTATI DELLE PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Si riporta nella pagina seguente la tabella riassuntiva delle prove geotecniche di laboratorio eseguite sui campioni di terreno indisturbati e rimaneggiati prelevati nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo realizzati in sito.

SONDAGGIO	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S3	S3	S3	S3	S3	S3	S3	S3
CAMPIONE	S1.C.I.1	S1.C.R.1	S1.C.R.2	S1.C.R.3	S1.C.R.4	S1.C.R.5	S1.C.R.6	S1.C.R.7	S2.C.R.1	S2.C.R.2	S2.C.R.3	S2.C.R.4	S2.C.R.5	S2.C.R.6	S2.C.R.7	S2.C.R.8	S3.CI.1	S3.C.R.1	S3.C.R.2	S3.C.R.3	S3.C.R.4	S3.C.R.5	S3.C.R.6	S3.C.R.7
PROFONDITA' (m)	1,00-1,60	2,00-3,00	4,00-5,00	6,00-7,00	8,00-9,00	10,00-11,00	14,00-15,00	16,0-17,00	2,00-3,00	5,00-6,00	6,00-7,00	8,00-9,00	10,00-11,00	14,00-15,00	16,00-17,00	19,00-20,00	1,00-1,60	4,00-5,00	6,00-7,00	8,00-9,00	12,00-13,00	14,00-15,00	16,00-17,00	18,00-19,00
n° di accettazione	030/25	030/25	030/25	030/25	030/25	030/25	030/25	030/25	030/25	030/25	030/25	030/25	030/25	030/25	030/25	030/25	030/25	030/25	030/25	030/25	030/25	030/25	030/25	030/25
TIPO (SemiDisturbato/Indisturbato/Rimaneggiato/SPT)	Indisturbato	Rimaneggiato	Rimaneggiato	Rimaneggiato	Rimaneggiato	Rimaneggiato	Rimaneggiato	Rimaneggiato	Rimaneggiato	Rimaneggiato	Rimaneggiato	Rimaneggiato	Rimaneggiato	Rimaneggiato	Rimaneggiato	Rimaneggiato	Indisturbato	Rimaneggiato	Rimaneggiato	Rimaneggiato	Rimaneggiato	Rimaneggiato	Rimaneggiato	Rimaneggiato
ρ (Mg/m^3)	2,01	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2,16	/	/	/	/	/	/	/
W (%)	13,76	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	16,78	/	/	/	/	/	/	/
ρs (Mg/m^3)	2,71	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2,59	/	/	/	/	/	/	/
% ghiaia	25,3	56,8	45,1	50,9	53,8	52,8	65,1	53,2	54,7	40,50	57,6	57,3	45,7	55,8	61,8	71,6	5,5	61,0	66,9	53,6	58,3	50,2	51,8	71,0
% sabbia	46,7	25,2	36,3	36,0	32,9	36,0	23,9	36,1	31,0	41,70	28,2	24,8	41,5	33,3	30,5	21,9	33,3	20,7	25,1	30,8	23,6	31,4	22,0	26,3
% limo	11,6	18,0	18,5	13,1	13,3	11,2	11,0	10,8	14,3	17,80	14,2	17,8	12,8	11,0	7,7	6,4	40,3	18,3	8,0	15,7	18,1	18,4	26,2	2,6
% argilla	16,5																20,9							
LL (%)	28	N.D. (*)	N.D. (*)	N.D. (*)	N.D. (*)	N.D. (*)	N.D. (*)	N.D. (*)	N.D. (*)	N.D. (*)	N.D. (*)	N.D. (*)	N.D. (*)	N.D. (*)	N.D. (*)	N.D. (*)	26	N.D. (*)	N.D. (*)	N.D. (*)	N.D. (*)	N.D. (*)	N.D. (*)	N.D. (*)
LP (%)	19	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	21	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)
IP(%)	9	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	5	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)	N.P (**)
c (kPa) (TG CD picco)	49,8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	32,7	/	/	/	/	/	/	/
ϕ (°) (TG CD picco)	26,6	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	22,6	/	/	/	/	/	/	/
Cv (98-196 kPa) (cm^2/s)	1,77E-03	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2,71E-03	/	/	/	/	/	/	/
Mv (98-196 kPa) (kPa^{-1})	1,79E-05	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6,73E-05	/	/	/	/	/	/	/
Kv (98-196 Kpa) (cm/s)	3,16E-09	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1,82E-08	/	/	/	/	/	/	/
Cv (196-392 kPa) (cm^2/s)	1,15E-03	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	4,38E-03	/	/	/	/	/	/	/
Mv (196-392 kPa) (kPa^{-1})	6,38E-05	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	4,60E-05	/	/	/	/	/	/	/
Kv (196-392 Kpa) (cm/s)	7,33E-09	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2,02E-08	/	/	/	/	/	/	/
Cv (392-785 kPa) (cm^2/s)	1,95E-03	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	4,29E-03	/	/	/	/	/	/	/
Mv (392-785 kPa) (kPa^{-1})	3,51E-05	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2,74E-05	/	/	/	/	/	/	/
Kv (392-785 Kpa) (cm/s)	6,83E-09	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1,18E-08	/	/	/	/	/	/	/
c (kPa) Trx CIU	19,3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	30,1	/	/	/	/	/	/	/
ϕ (°) Trx CIU	35,1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	28,7	/	/	/	/	/	/	/

N.D. (*)=	non determinabile
N.P (**)=	non plastico
N.I (***)=	non idoneo all'esecuzione della prova in ragione delle caratteristiche granulometriche

10 STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO

L'esame dei campioni prelevati nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo e dei diagrammi di resistenza penetrometrica relativi alle prove penetrometriche eseguite in sito ha consentito di definire uno schema nel quale si identificano degli orizzonti litostratigrafici sovrapposti, aventi caratteristiche di resistenza alla penetrazione statica e parametri litologici e geomeccanici specifici.

Tali risultanze evidenziano una situazione litostratigrafica discretamente omogenea nelle verticali di indagine, in particolare i terreni indagati risultano sostanzialmente costituiti da alternanze di livelli ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi con grado di addensamento alternativamente più o meno elevato.

Il modello litostratigrafico locale può essere così proposto:

Strato	Profondità [m]	Litologia
1	da 0.0 a 1.60/2.0	Limi sabbiosi debolmente argillosi di colore marrone localmente sovrastati da materiali eterogenei di riporto
2	da 1.60/2.0 a 4.5/5.50	Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici in poca matrice fine limoso-argillosa
3	da 4.5/5.50 a 7.50/10.50	Sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice fine limoso-argillosa più o meno abbondante
4	da 7.50/10.50 a 12.0/16.0	Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici in poca matrice fine limoso-argillosa
5	> 16.0	Alternanze di ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice fine limoso-argillosa più o meno abbondante e sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice fine limoso-argillosa più o meno abbondante

La falda è stata riscontrata a profondità di circa -4.50 metri dall'attuale piano campagna.

11 SISMICITÀ

11.1 ZONA SISMICA

Secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Lombardia dell'11 luglio 2014 n.2129 entrata in vigore il 10 aprile 2016, il territorio di Vignate è classificato in zona sismica 3.

Zona sismica 3	Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.
AgMax 0,057162	Accelerazione massima presente all'interno del territorio comunale.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	*Descrizione*	*accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni* [a_g]	*accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche)* [a_g]	*numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)*
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25$ g	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g	3.002
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05$ g	0,05 g	1.982

Figura 13: Zone sismiche in cui è stato diviso il territorio nazionale secondo l'Ordinanza del PCM n. 3519/2006.

La figura seguente mostra la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, successivamente è riportata l'immagine dell'area di interesse e l'accelerazione al suolo con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni del comune di **Vignate** pari a **PGA = 0.05g – 0,15g**, valore caratteristico della **zona sismica di tipo 3**.

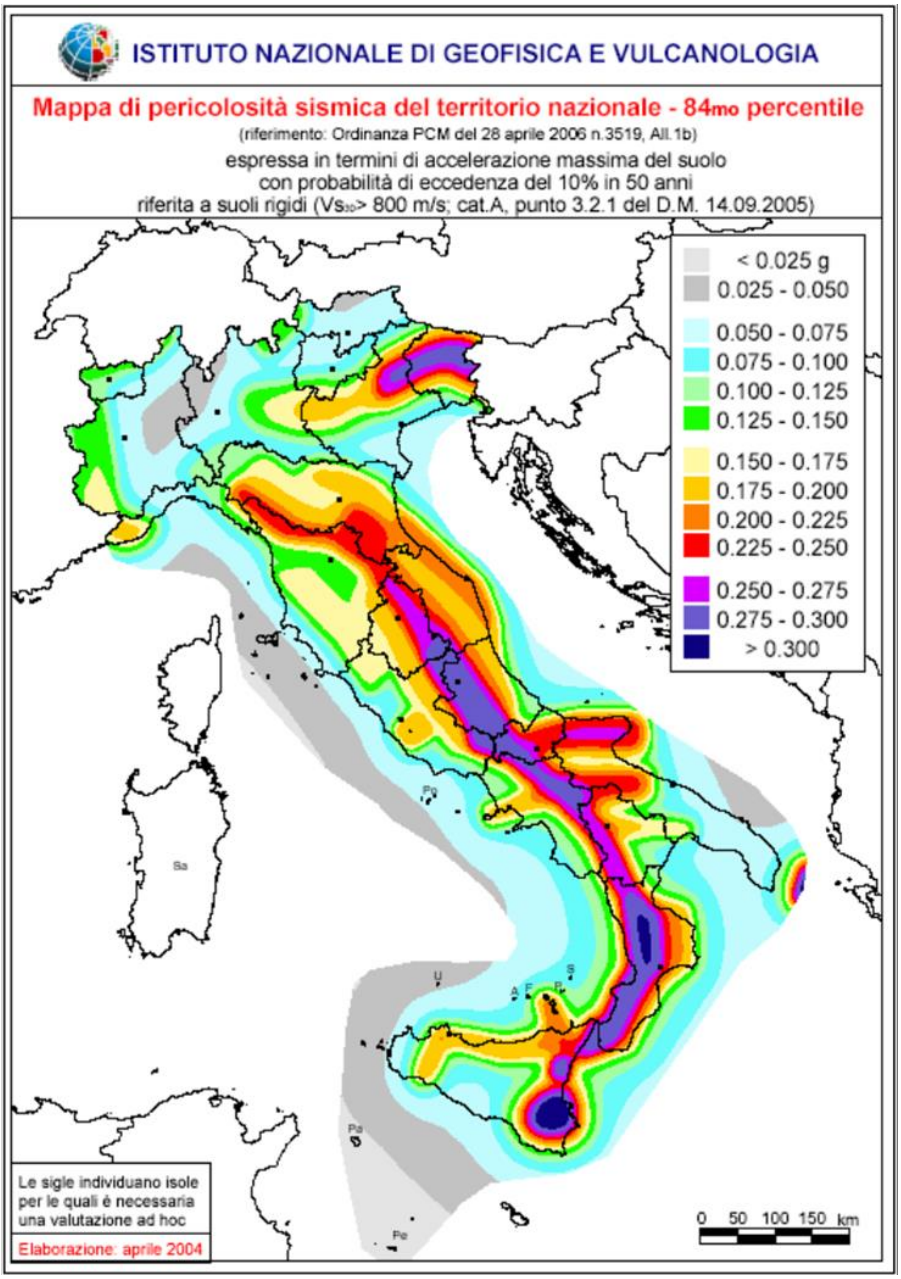


Figura 14: All.1b dell'Ordinanza PCM 3598 del 28/04/2006 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale in cui l'accelerazione massima del suolo viene espressa con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

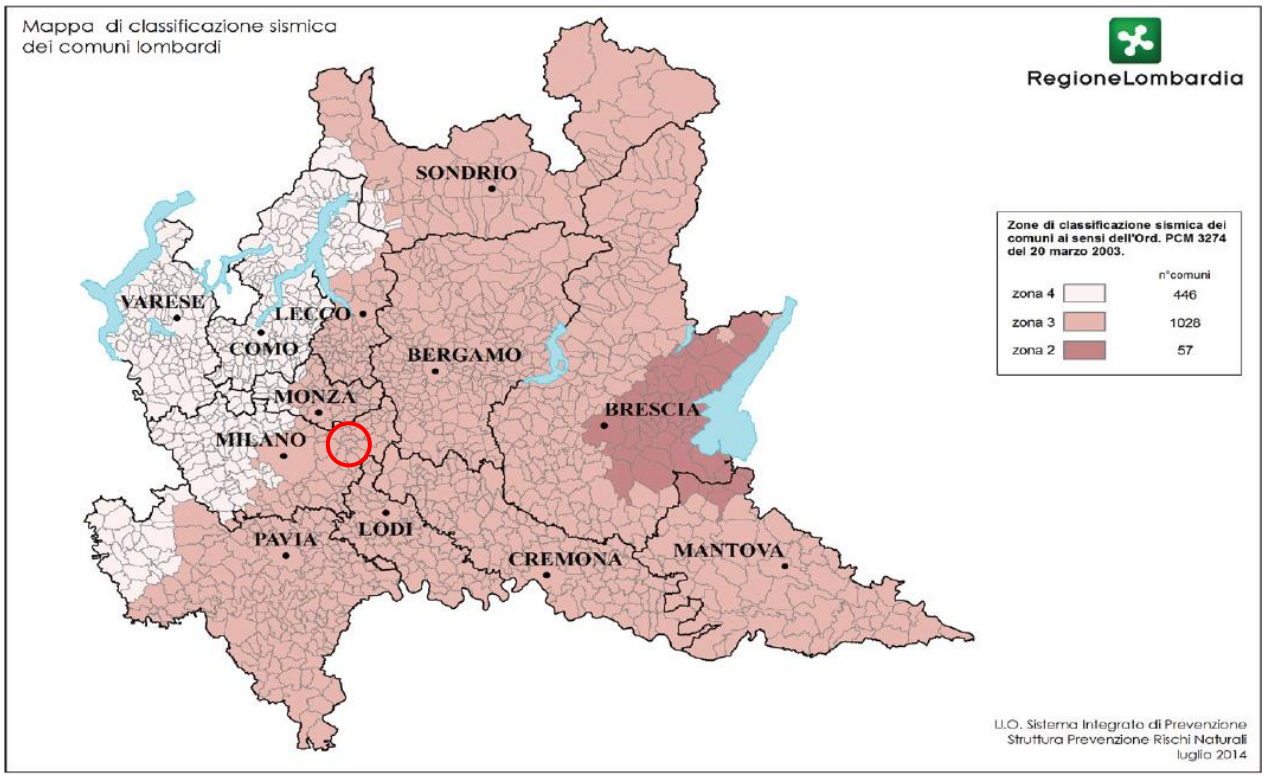
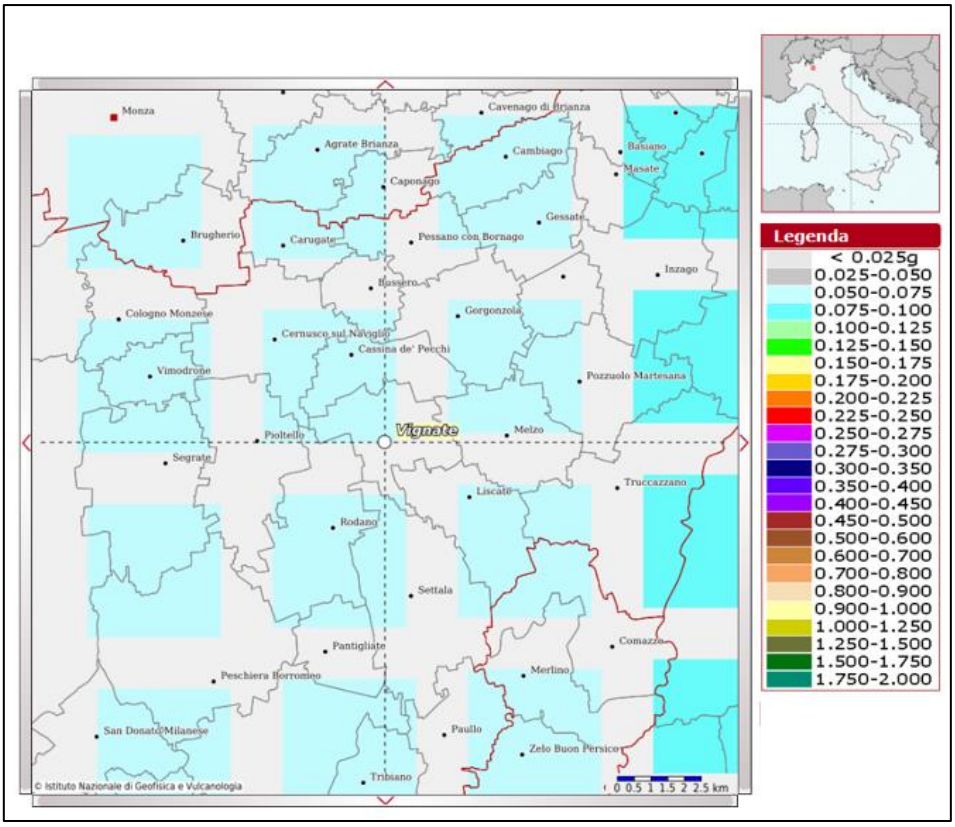


Figura 15: Classificazione sismica dei comuni della Lombardia a seguito della D.G.R. n. X/2129.

In base all'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, sono state definite sulla base di più approfonditi studi, le zone di pericolosità sismica per il territorio nazionale ed è stata definita la mappa di pericolosità sismica MPSO4, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Vs30>800 m/s e TR= 475anni).

Le figure seguenti mostrano la disaggregazione per l'area oggetto di studio della stima di PGA (Peak Ground Acceleration) con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni, corrispondente ad un periodo di ritorno di 475 anni. Il grafico è una elaborazione che mostra il contributo delle sorgenti sismogenetiche alla pericolosità sismica di un certo sito: le sorgenti vengono discretizzate per intervalli di spazio e magnitudo.



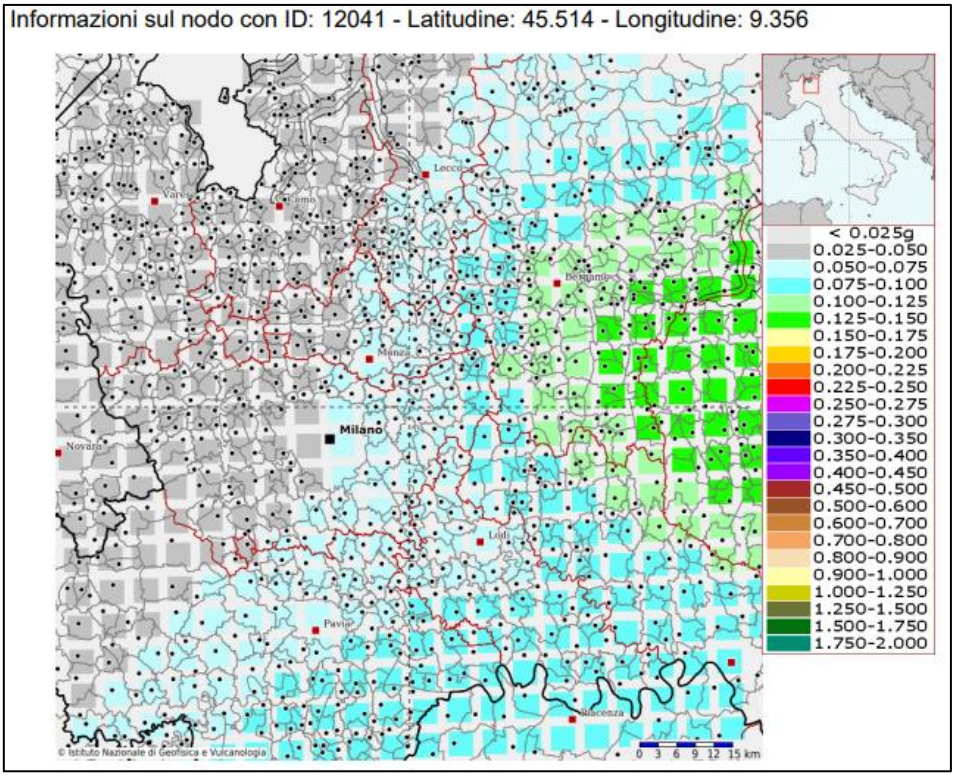


Figura 16: INGV - Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale – Comune di Vignate (MI).

La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, Vs30 > 800 m/s) e pianeggiante.

Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID **12041** (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

Grafico di disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.

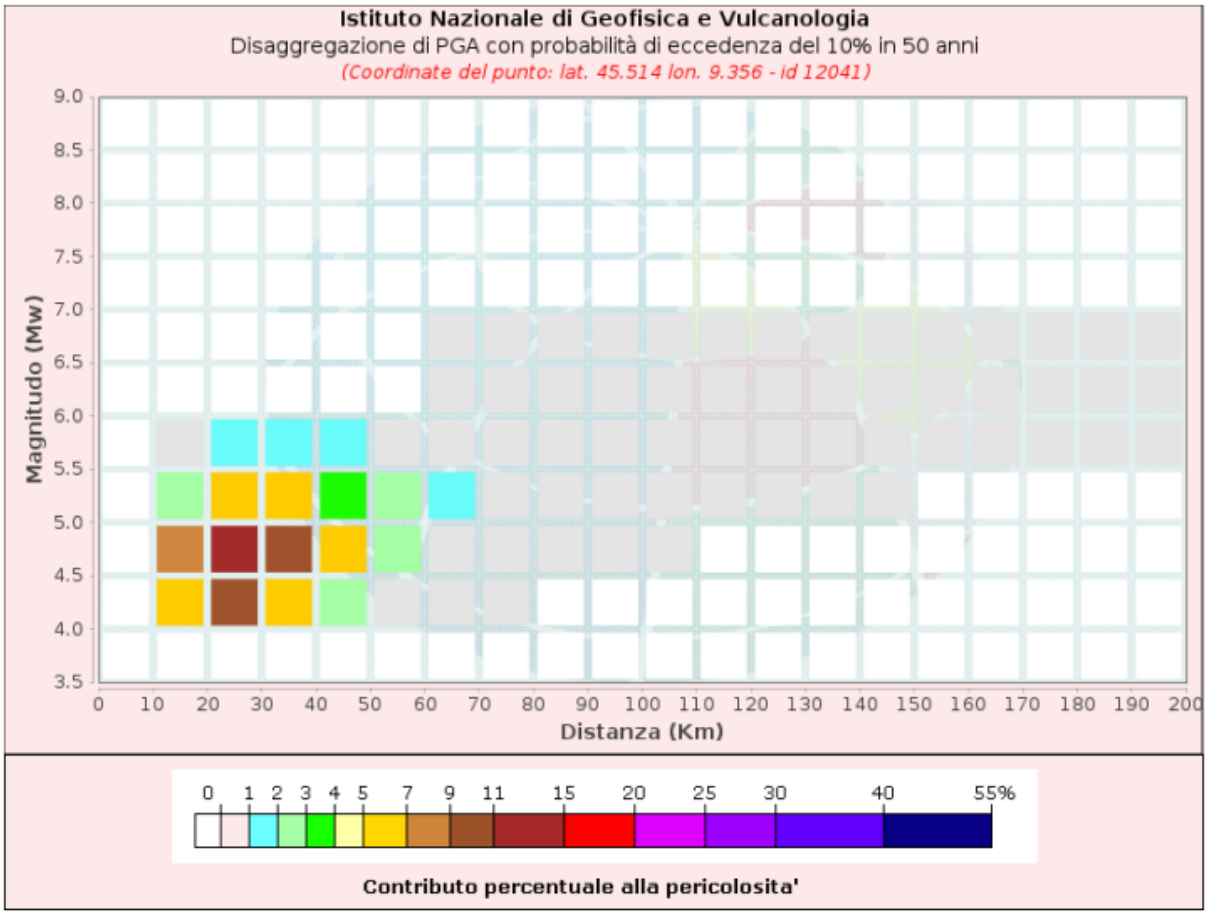

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 45.514 lon. 9.356 - id 12041)
Magnitudo (Mw)
9.0
8.5
8.0
7.5
7.0
6.5
6.0
5.5
5.0
4.5
4.0
3.5
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200
Distanza (Km)
0 1 2 3 4 5 7 9 11 15 20 25 30 40 55%
Contributo percentuale alla pericolosita'

Figura 17: Disaggregazione del valore a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV).

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

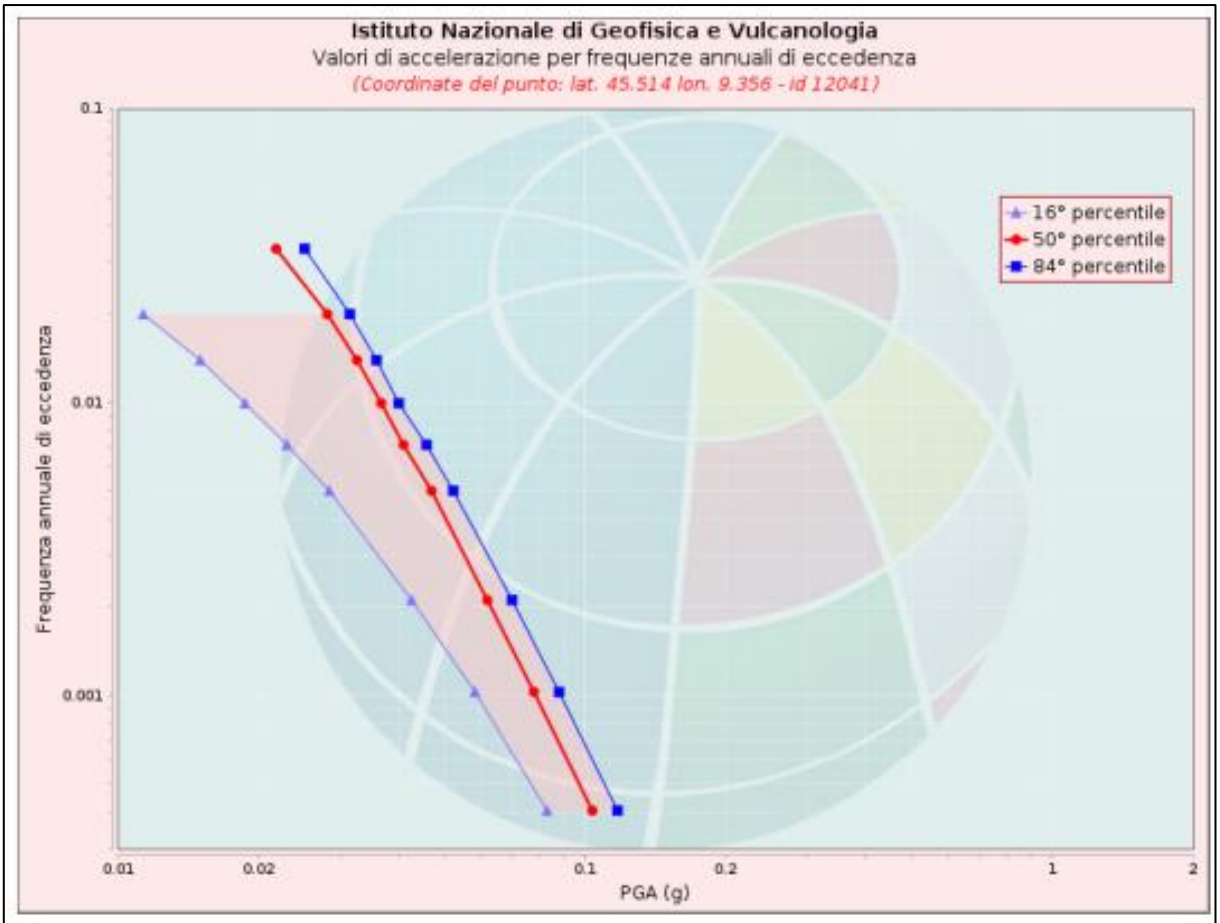
Distanza	Magnitudo									
in Km	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	5.7400	7.5500	2.4800	0.5710	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	9.2200	14.2000	5.8200	1.5800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	5.6600	10.5000	5.5400	1.6500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	2.5400	5.6900	3.7300	1.2300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.8000	2.4300	2.0000	0.7260	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.1610	0.9920	1.1500	0.5260	0.0996	0.0146	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0033	0.3500	0.7250	0.5070	0.2660	0.0409	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.1020	0.5450	0.5500	0.2900	0.0472	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0165	0.3430	0.5080	0.2770	0.0476	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0003	0.1600	0.4070	0.2920	0.0544	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0561	0.2770	0.2520	0.0506	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0161	0.2120	0.1990	0.0385	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0042	0.1520	0.1530	0.0282	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0746	0.1040	0.0206	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0312	0.0637	0.0138	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0131	0.0387	0.0094	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0060	0.0305	0.0068	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0027	0.0292	0.0050	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0264	0.0040	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 4.88 ; distanza = 36.9 ; epsilon = 1.28

Figura 18: Disaggregazione del valore a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV).

Curve di pericolosità

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.



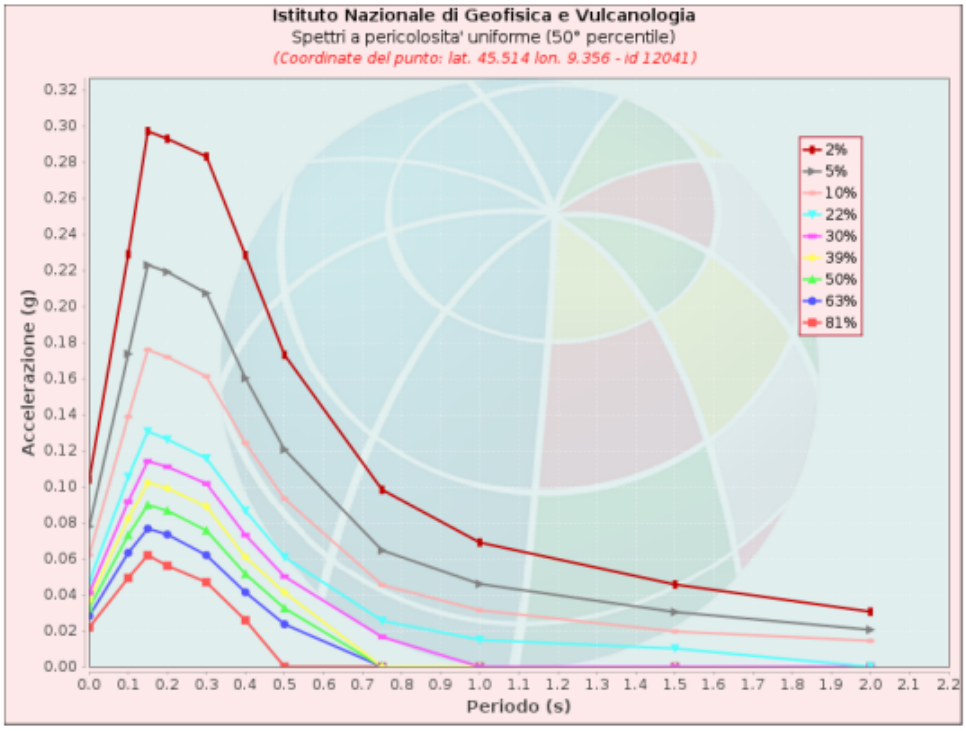
Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza

Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.083	0.104	0.118
0.0010	0.058	0.078	0.088
0.0021	0.043	0.062	0.070
0.0050	0.028	0.047	0.052
0.0071	0.023	0.041	0.046
0.0099	0.019	0.037	0.040
0.0139	0.015	0.033	0.036
0.0199	0.011	0.028	0.031
0.0332	0.000	0.022	0.025

Figura 19: Curve di pericolosità.

Spettri a pericolosità uniforme

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità. I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.



Spettri a pericolosita' uniforme (50° percentile)

PoE in 50 anni	Accelerazione (g) Periodo (s) 0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.104	0.229	0.297	0.293	0.283	0.228	0.173	0.098	0.069	0.046	0.031
5%	0.078	0.174	0.223	0.219	0.207	0.160	0.121	0.065	0.046	0.030	0.020
10%	0.062	0.139	0.176	0.172	0.161	0.124	0.093	0.045	0.031	0.020	0.014
22%	0.047	0.105	0.131	0.126	0.116	0.087	0.061	0.025	0.015	0.010	0.000
30%	0.041	0.092	0.114	0.111	0.102	0.073	0.050	0.017	0.000	0.000	0.000
39%	0.037	0.082	0.102	0.099	0.089	0.061	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	0.033	0.073	0.090	0.087	0.076	0.051	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000
63%	0.028	0.063	0.077	0.073	0.062	0.041	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000
81%	0.022	0.049	0.062	0.056	0.047	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 20: Spettri a pericolosità uniforme.

Si riporta di seguito la carta delle zone sismogenetiche ZS9 dell'Italia.

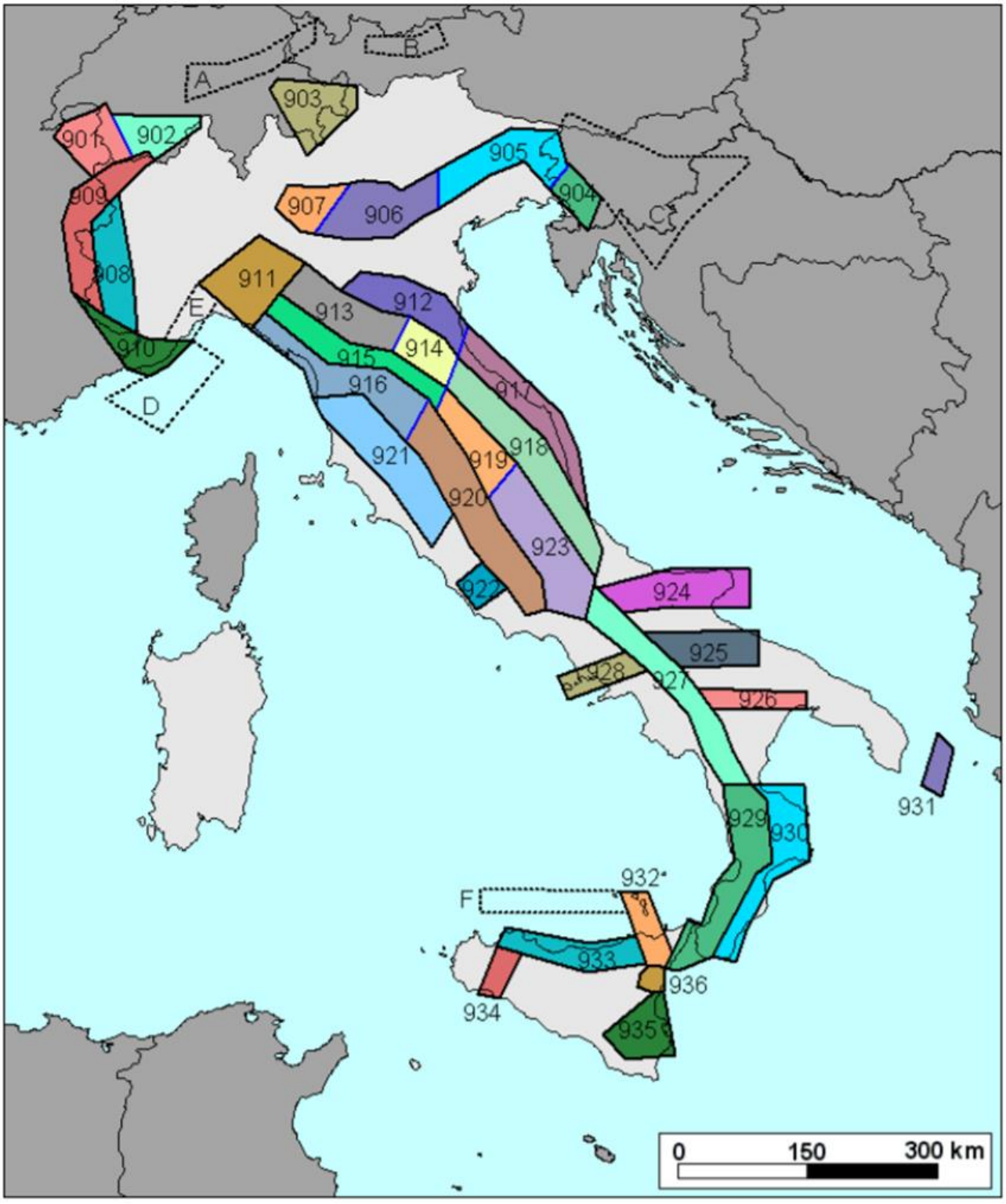


Figura 21: Zonazione sismogenetica ZS9.

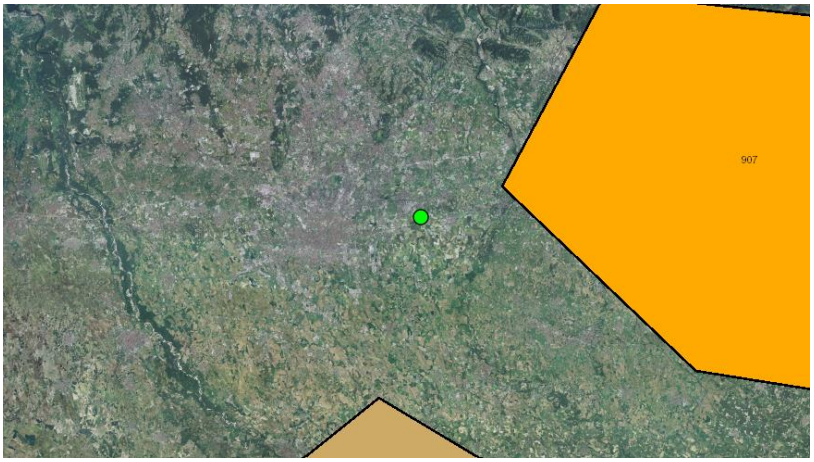


Figura 22: zonazione sismogenetica ZS9, con ubicazione area in esame.

Come è possibile vedere alla figura precedente, l'area oggetto d'interesse non ricade all'interno di nessuna delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti et al. 2008), utilizzata per la compilazione della mappa di pericolosità sismica MPS04.

Per il calcolo sismico si può prendere in considerazione la magnitudo calcolata dalla disaggregazione e quindi pari a 4.88.

CPTI15 V4.0

La nuova versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 rappresenta una significativa evoluzione rispetto alle versioni precedenti, che sono quindi da considerare del tutto superate. Anche se i criteri generali di compilazione e la struttura sono gli stessi della precedente versione CPTI11 (Rovida et al., 2011), il contenuto del catalogo è stato ampiamente rivisto per quanto concerne:

- la copertura temporale, estesa a tutto il 2020;
- il database macrosismico di riferimento (DBMI15 versione 4.0; Locati et al., 2022), significativamente aggiornato;
- i dati strumentali considerati, nuovi e/o aggiornati;
- le soglie di ingresso dei terremoti, abbassate a intensità massima 5 o magnitudo 4.0 (invece di 5-6 e 4.5 rispettivamente);
- la determinazione dei parametri macrosismici, basata su una nuova calibrazione dell'algoritmo Boxer;
- le magnitudo strumentali, che comprendono un nuovo set di dati e nuove relazioni di conversione.

Il catalogo copre l'intero territorio italiano con porzioni delle aree e dei mari confinanti (Figura 1), e contiene 4894 terremoti nella finestra temporale 1000-2020. Il catalogo, quindi, considera e armonizza il più possibile dati di base di diverso tipo e provenienza.

La magnitudo utilizzata è la magnitudo momento (Mw) e in tutti i casi è riportata la relativa incertezza. Tutti i dati e i metodi utilizzati sono accuratamente esplicitati nel catalogo per garantire la massima trasparenza possibile nelle procedure di compilazione. Al pari di CPTI11, il catalogo non è stato declusterato e contiene quindi tutti i foreshocks e le repliche disponibili e conosciuti all'interno delle soglie di magnitudo e intensità considerate.

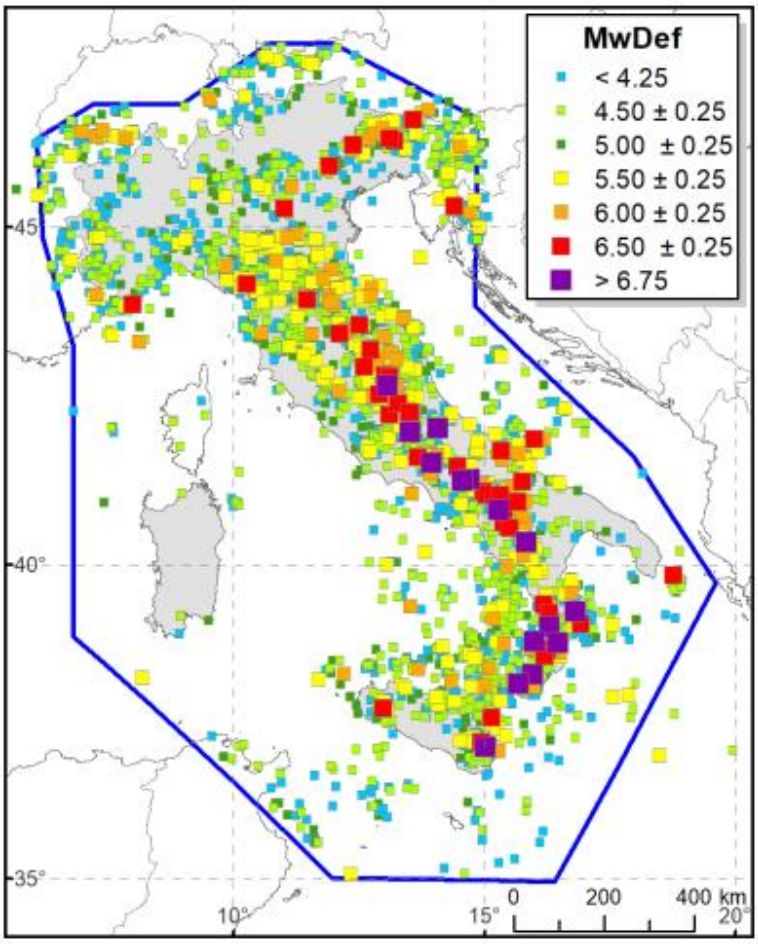


Figura 23: Distribuzione geografica degli epicentri dei terremoti contenuti in CPTI15 per classi di Mw e limite della copertura spaziale (poligono blu).

Il catalogo include i terremoti con intensità massima o epicentrale maggiore o uguale a 5, insieme a quelli con magnitudo strumentale equivalente (secondo i metodi e le conversioni descritte nel seguito) a Mw 4.0 o superiore. Alcuni terremoti con Mw < 4.0 sono inclusi nel catalogo per le seguenti ragioni:

- per i terremoti dell'area vulcanica dell'Etna, la soglia di magnitudo è Mw 3.0 ma restano inclusi tutti i terremoti con intensità massima e/o epicentrale 5;
- per i terremoti nell'area vulcanica dei Campi Flegrei la soglia di magnitudo è Mw 3.1, corrispondente a intensità epicentrale 5 secondo le conversioni utilizzate;
- i terremoti contenuti in CPTI11 sono stati tutti, tranne alcuni dell'area etnea e gli eventi dimostrati falsi, mantenuti nella nuova versione del catalogo, anche se i nuovi dati o le nuove calibrazioni (o entrambi) hanno portato a stime di Mw < 4.0.

L'attuale versione del catalogo CPTI15 v4.0 consiste i) nell'estensione della copertura temporale della precedente versione 3.0 dalla fine 2019 al 31 dicembre 2020 e ii) nell'aggiornamento dei parametri di alcuni terremoti nel periodo settembre 2018 – dicembre 2019 conseguente alla pubblicazione e inserimento del Bollettino Rivisto dell'ISC (International Seismological Centre) per quel periodo.

Dato il loro stretto legame, DBMI e CPTI sono stati pubblicati insieme e usano una stessa numerazione (DBMI04-CPTI04, DBMI11-CPTI11), ma in due diversi siti web. CPTI15 è consultabile liberamente all'indirizzo http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15 e attraverso il "web service" dell'Archivio Storico Macrosismico Italiano (ASMI) all'indirizzo https://emidius.mi.ingv.it/ASMI/services/.

CPTI15 è un prodotto scientifico dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) la cui realizzazione ha richiesto anni di lavoro e raccoglie il frutto della ricerca di diversi autori di diversi enti. CPTI15 può essere utilizzato per scopi scientifici, a condizione che la fonte sia sempre citata.

DBMI15 V. 4.0

La versione 4.0 del Database Macrosismico Italiano DBMI15 è stata rilasciata a gennaio 2022 e aggiorna e sostituisce la precedente versione 3.0 (Locati et al., 2021) che venne pubblicata a gennaio 2021. Le variazioni tra la versione 3.0 e la 4.0 sono dettagliate al paragrafo 5 e consistono nell'allungamento della copertura temporale dalla fine del 2019 alla fine del 2020. DBMI v4.0 fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani aggiornato alla finestra temporale 1000-2020. I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

I dati di intensità macrosismica (MDP, Macroseismic Data Point) sono raccolti e organizzati da DBMI per diverse finalità. La principale è fornire una base di dati per la determinazione dei parametri epicentrali dei terremoti (localizzazione e stima della magnitudo) per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI). L'insieme di questi dati consente inoltre di elaborare le "storie sismiche" di migliaia di località italiane (15343 in DBMI15 v4.0), vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità macrosismica, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti.

Dato il loro stretto legame, DBMI e CPTI sono stati pubblicati insieme e usano una stessa numerazione (DBMI04-CPTI04, DBMI11-CPTI11), ma in due diversi siti web. A partire da DBMI15 e CPTI15 (Rovida et al. 2016) si è deciso di rendere disponibile le due banche dati da un unico sito web generato con una versione aggiornata del software MIDOP (Locati e Cassera 2010) al fine di rendere più semplice e funzionale la consultazione.

DBMI15 contiene 123981 dati di intensità relativi a 3229 terremoti. Come si può vedere dalle figure seguenti, l'incremento numerico dei terremoti con dati di intensità e di osservazioni macrosismiche rispetto alle due precedenti versioni DBMI04 (Stucchi et al. 2007) e DBMI11 (Locati et al., 2011) è elevato.

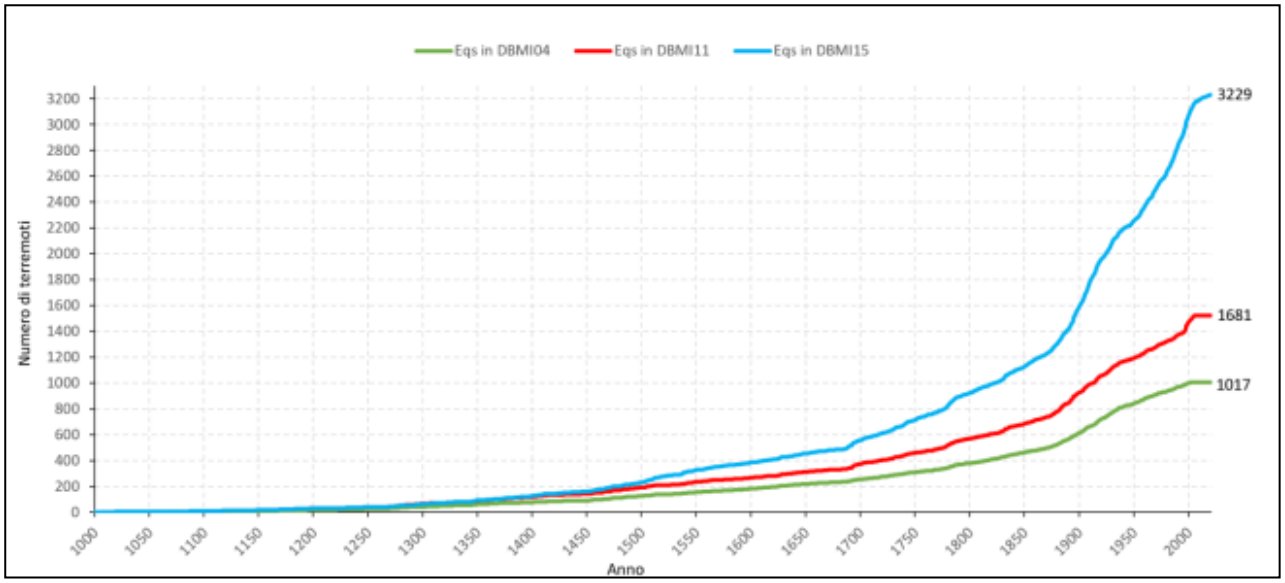


Figura 24: Confronto dell'andamento nel tempo del numero di terremoti: in verde DBMI04, in rosso DBMI11, e in azzurro DBMI15.

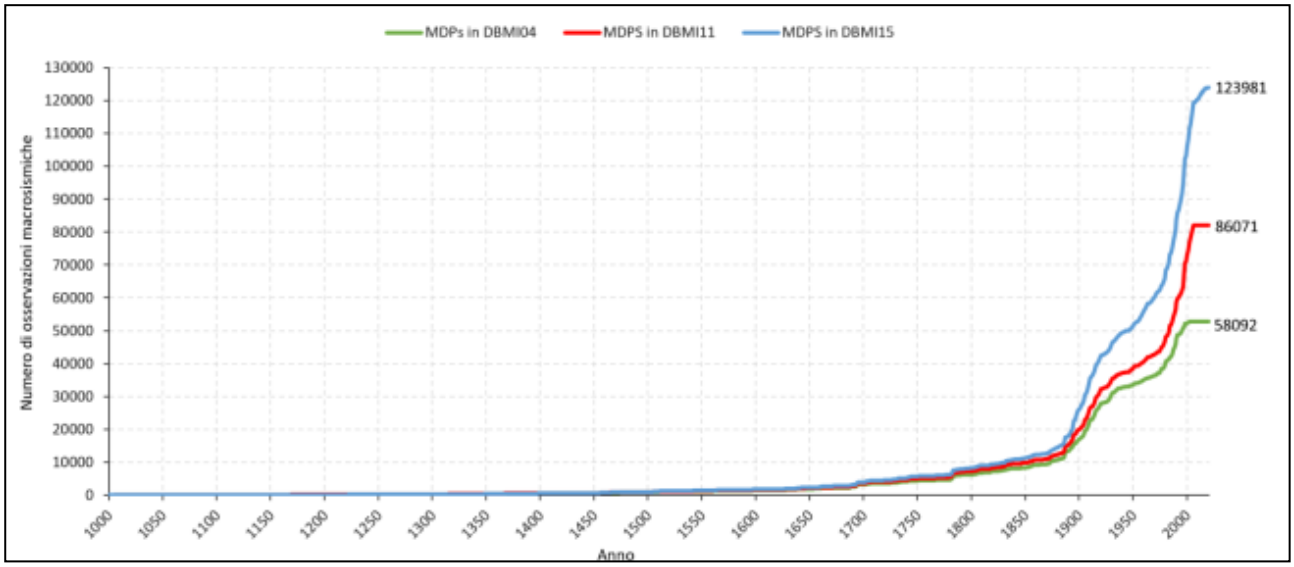


Figura 25: Confronto dell'andamento nel tempo del numero di MDP (Macroseismic Data Point): in verde DBMI04, in rosso DBMI11, e in azzurro DBMI15.

Di seguito viene riporta la mappa del catalogo CPTI15-DMBI15 desunta dal sito: https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_eq/. Si riportano in particolare i dati sismici del Comune di Vignate.

Vignate

PlaceID	IT_14096
Coordinate (lat, lon)	45.495, 9.375
Comune (ISTAT 2015)	Vignate
Provincia	Milano
Regione	Lombardia
Numero di eventi riportati	4

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Cassina de' Pecchi	2	3
Liscate	3	3
Pioltello	4	4
Melzo	5	4
Gorgonzola	11	5
Settala	2	5
Cernusco sul Naviglio	8	5
Bussero	4	5
Bornago	1	6
Segrate	1	6
Pessano con Bornago (Pessano)	2	6
Pantigliate	3	6
Pozzuolo Martesana	3	6
Carugate	2	7
Vimodrone	2	7
Bellinzago Lombardo	2	7
Gessate	3	8
Merlino	2	8
Trecella	1	8
Brugherio	2	8
Peschiera Borromeo (Bettola)	4	9
Paullo	7	9
Tribiano	1	9
Comazzo	2	9
Canobbio	1	9
Cambiago	6	10
Linate	1	10
Inzago	3	10

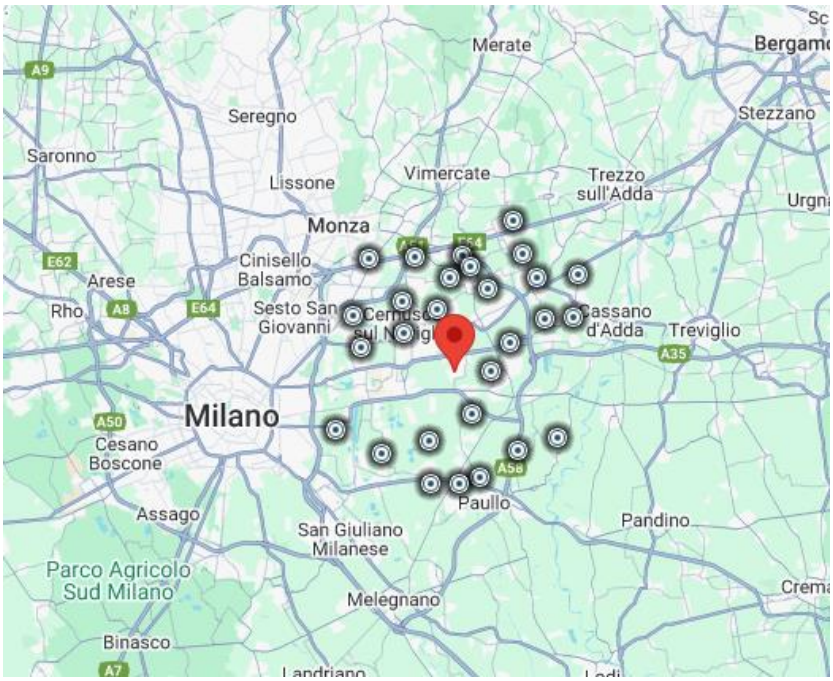


Figura 26: Dati desunti dalla consultazione del CPTI15 e DBMI15 per il comune di Vignate (MI).

11.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA

Per quanto riguarda la determinazione della categoria di sottosuolo il D.M. 17.01.2018 prevede una classificazione in cinque categorie principali riportate nella tabella 3.2.II definite in base ai valori della velocità equivalente $Vs_{,eq}$ corrispondente alla velocità media di propagazione delle onde sismiche di taglio fino alla profondità del substrato sismico, definito come quella formazione caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità di tale substrato superiore a 30m la velocità equivalente $Vs_{,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, considerando le proprietà degli strati di terreno fino alla profondità di 30m.

L'espressione per la determinazione della velocità equivalente $Vs_{,eq}$ è la seguente:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_i^N \frac{h_i}{V_i}}$$

hi = Spessore in metri dello strato i-esimo

Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima

N = Numero di strati

H = Profondità del substrato sismico con Vs>800m/s

Per il sito in esame la categoria di sottosuolo è stata determinata tramite i dati ottenuti dallo stendimento sismico con metodologia M.A.S.W. eseguita in corrispondenza dell'area di indagine.

Dall'elaborazione di tali dati il terreno presenta per la linea eseguita, valori delle V_{s30} pari a **320.06 m/s** riferita all'attuale piano campagna.

Per la classificazione del suolo si è ritenuto più attendibile adottare le risultanze provenienti dalle prove eseguite in sito per cui il terreno è pertanto classificabile in **categoria C** *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 27: Tabella 3.2.II "Categoria di sottosuolo" – D.M. 17.10.2018.

Secondo la più recente revisione delle Norme Tecniche in vigore, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (categorie topografiche da NTC2018):

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15°$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15°$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15° \leq i \leq 30°$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30°$

Figura 28: Tabella 3.2.III "Categoria topografica" – D.M. 17.10.2018

La categoria topografica del sito di intervento risulta T1.

11.3 FREQUENZA CARATTERISTICA DI RISONANZA DEL SITO

Per la verifica della presenza di eventuali orizzonti rifrattori più profondi rispetto alla massima profondità indagata con la sismica attiva oltre che per la determinazione dei valori di frequenza caratteristica del sito e del suolo è stata eseguita una acquisizione puntuale (TR1) in passivo del microtremore sismico ambientale mediante geofono triassiale 3D e per una durata di venti minuti.

Si riportano di seguito i relativi diagrammi H/V elaborati dalla misurazione effettuata sull'area di interesse.

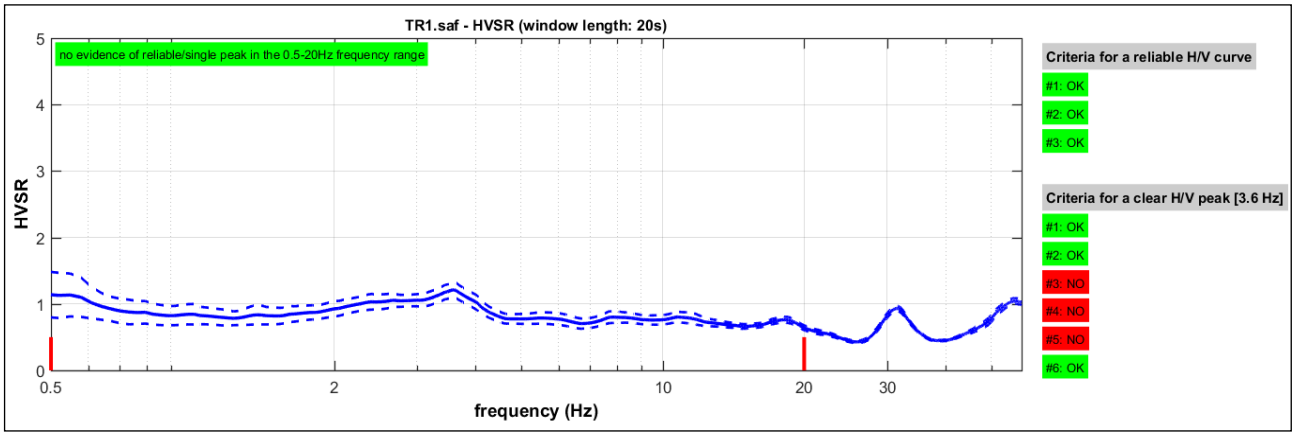


Figura 29: Rapporti spettrali H/V vs Hz rilevazione sismica passiva TR1.

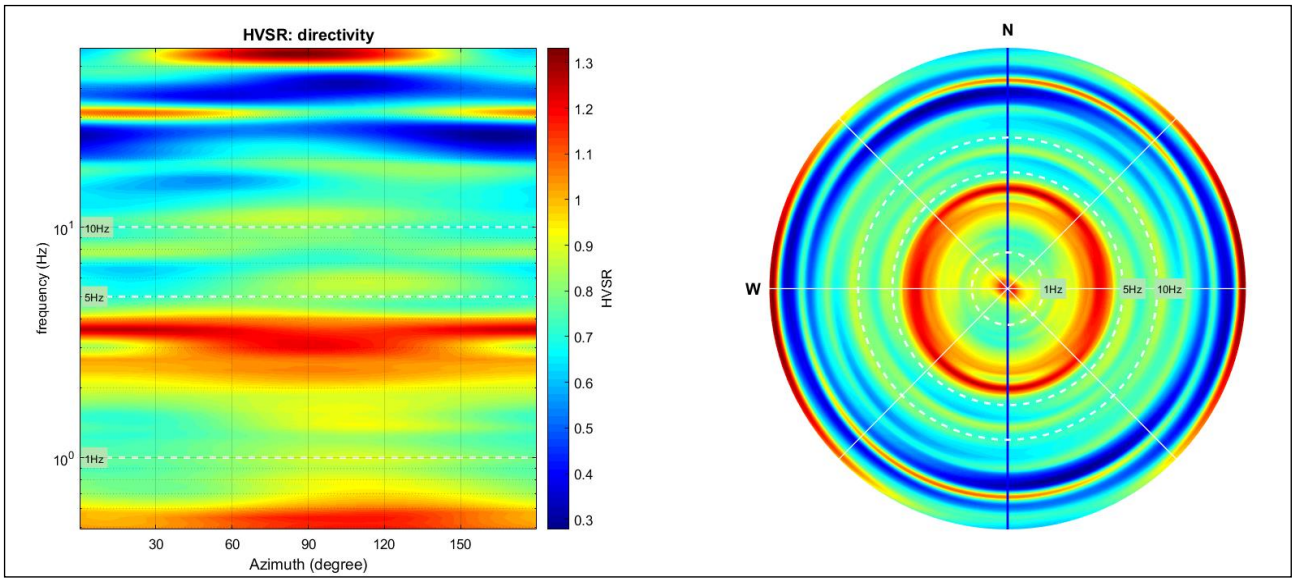


Figura 30: Direzionalità H/V rilevazione sismica passiva TR1.

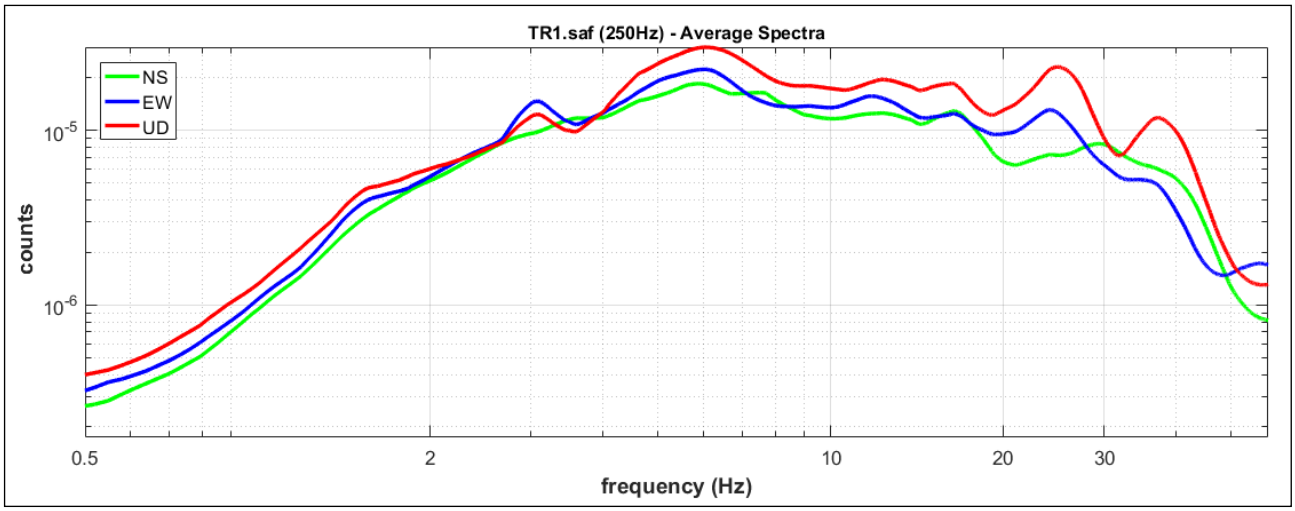


Figura 31: Spettri delle singole componenti rilevazione sismica passiva TR1.

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dalla sua altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula:

$$freq.\ naturale\ edificio \cong 10\ Hz\ /\ numeropiani$$

Si tenga conto che, se si verifica la seguente somiglianza tra risonanza del terreno e della struttura, si creano condizioni di pericolo, perché si dà luogo alla massima amplificazione:

$$freq.\ naturale\ edificio \cong freq.\ naturale\ coperture$$

Dall'elaborazione dei risultati e dall'analisi degli stessi non si osservano importanti contrasti di impedenza che generano picchi accentuati anche se è possibile riconosce un picco principale alla frequenza di 3.60 Hz.

Si evince che tale valore di frequenza caratteristica e il valore di frequenza fondamentale di risonanza delle nuove strutture dovranno essere sufficientemente diversi così da non comportare il verificarsi di fenomeni di doppia risonanza.

11.4 ANALISI DI II LIVELLO

La valutazione degli effetti di amplificazione dovuti alla litologia è avvenuta mediante la procedura semplificata di 2° livello riportata nella D.G.R. 8/7374 del 28 Maggio 2008 e successivamente ripresa dalla D.G.R. IX/2616 del 30 Novembre 2011 di Regione Lombardia.

La sua applicazione richiede la conoscenza della litologia prevalente dei materiali presenti in sito; e dell'andamento delle $V_{S,eq}$ con la profondità (spessore e velocità $V_{S,eq}$ di ciascuno strato); per la loro determinazione sono stati utilizzati i risultati ottenuti dalla esecuzione delle prove penetrometriche realizzate in sito unitamente ai dati relativi ad indagini geognostiche già realizzate ed alle stratigrafie delle indagini eseguite sul territorio comunale oltre che ai risultati emersi dall'esecuzione dell'indagine geofisica M.A.S.W.+H.V.S.R..

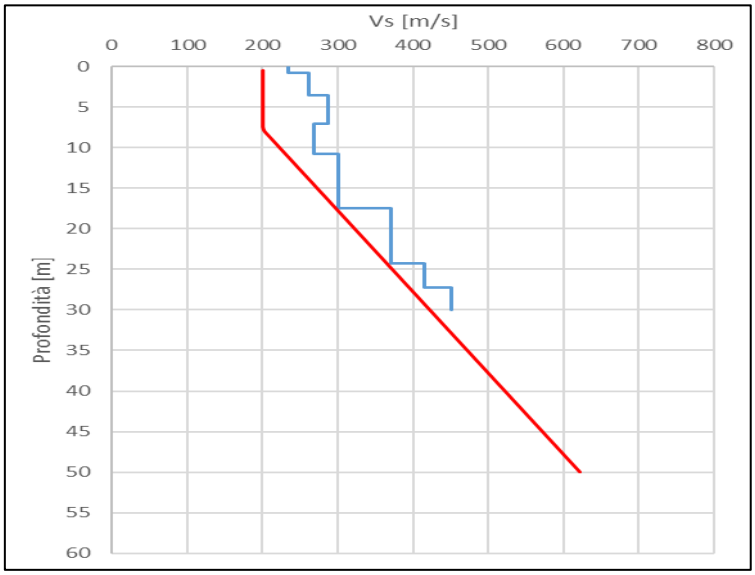
La procedura fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valori di Fattori di Amplificazione (F_a) dal punto di vista degli effetti litologici, al fine di determinare se la normativa nazionale risulta sufficiente o meno nella stima degli effetti di amplificazione sismica locale sulla base del confronto tra gli F_a calcolati e quelli di riferimento indicati dalla Regione Lombardia per ciascun comune; lo studio è condotto con metodi quantitativi semplificati, validi per le amplificazioni litologiche ed è utilizzato per caratterizzare l'area in esame in funzione del fattore F_a. Tale valore di F_a si riferisce quindi agli intervalli di periodo 0.1-0.5s e 0.5-1.5s, in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più rappresentate sul territorio regionale, rispettivamente riferibili a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide (max. 4 piani) ed a strutture alte e flessibili (5 o più piani).

Sulla base dei parametri geotecnici e litologici si individua la litologia prevalente del sito e da questa si sceglie la relativa scheda di riferimento tra quelle riportate nella citata normativa regionale, che può essere utilizzata se l'andamento delle $V_{S,eq}$ ricade nel campo di validità dell'apposito diagramma riportato nella scheda. Successivamente ricavando lo spessore del primo "sismo-strato" con $V_{S,eq}$ pari ad almeno 200 m/s (il cui spessore deve essere di almeno 4 metri) si determina quali curve tra quelle riportate nella scheda per i due diversi intervalli di periodo descritti occorre utilizzare per la valutazione del Fattore di Amplificazione, sulla base del periodo T del sito (calcolato a partire dall'andamento delle $V_{S,eq}$ con la profondità fino agli 800 m/s direttamente misurati o ipotizzati con adeguato gradiente).

STIMA DEGLI EFFETTI LITOLOGICI
ai sensi della D.G.R. IX/2616 - 30.11.2011 di Regione Lombardia

Scheda "LITOLOGIA LIMOSO-SABBIOSA TIPO 2"

L1		
Spess. (m)	Prof. (m)	V_s (m/s)
0.8	0.8	235
2.7	3.5	262
3.6	7.1	288
3.7	10.8	269
6.7	17.5	301
6.8	24.3	371
2.9	27.2	416
2.8	30.0	451

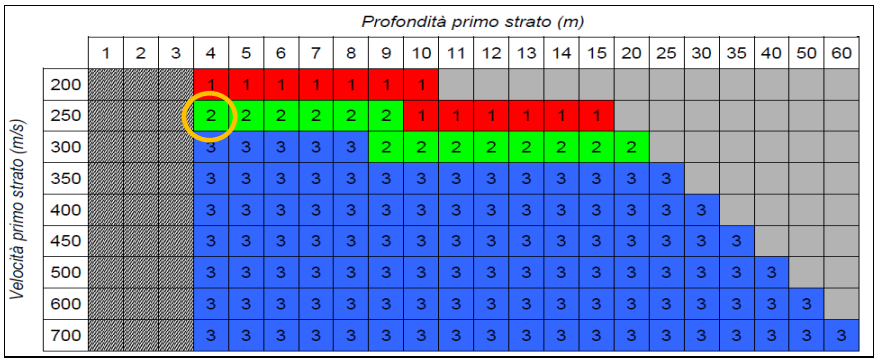


$V_{s,eq}$ (m/s)	Cat. sottosuolo
320.06	C

Periodo T (s)
0.68

Primo strato	
Prof. (m)	4.0
V_s (m/s)	259.90

Curva caratteristica	
n.	2



VERIFICA

Periodo	Valori F_a di sito	Valori F_a di soglia Comune di VIGNATE			
		Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1 < T < 0.5 s	**1.90**	1.40	**1.90**	2.20	2.00
0.5 < T < 1.5 s	**1.55**	1.70	**2.40**	4.20	3.10

La procedura ha permesso di stimare gli F_a con le schede di valutazione sopra riportate e di confrontarli con i corrispettivi valori di soglia, considerando una variabilità di ±0.1, che tiene conto la variabilità dei valori degli F_a ottenuti.

Dalla verifica deriva che, sia nel caso di edifici bassi che caso di edifici alti, il valore di F_a calcolato e riferito alla categoria di suolo C è inferiore al valore di riferimento; pertanto, lo spettro proposto dalla normativa per suoli di tipo C risulta sufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

12 PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

Di seguito si riportano i parametri geotecnici medi dei terreni presenti nell'area di studio.

Strato	Profondità [m]	Litologia	γ [kN/m^3]	c' [kPa]	ϕ' [°]	E' [Kg/cm^2]
1	da 0.0 a 1.60/2.0	Limi sabbiosi debolmente argillosi di colore marrone localmente sovrastati da materiali eterogenei di riporto	18-19	5-10	24-26	30-35
2	da 1.60/2.0 a 4.5/5.50	Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici in poca matrice fine limoso-argillosa	19-20	5-10	32-34	45-50
3	da 4.5/5.50 a 7.50/10.50	Sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice fine limoso-argillosa più o meno abbondante	18-19	5-10	26-30	40-45
4	da 7.50/10.50 a 12.0/16.0	Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici in poca matrice fine limoso-argillosa	19-20	5-10	36-38	50-60
5	> 16.0	Alternanze di ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice fine limoso-argillosa più o meno abbondante e sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice fine limoso-argillosa più o meno abbondante	18-19	5-10	34-36	45-50

dove:

γ = peso di volume

c' = coesione efficace

ϕ' = angolo d'attrito

E' = modulo elastico drenato

Eu = modulo elastico non drenato

Il modulo di Poisson è stato assunto pari a 0,3.

La falda è stata riscontrata a profondità di circa -4.50 metri dall'attuale piano campagna.

13 PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Di seguito si riportano i parametri geotecnici caratteristici dei terreni presenti nell'area di studio.

Strato	Profondità [m]	Litologia	γ [kN/m^3]	c' [kPa]	ϕ' [°]	E' [Kg/cm^2]
1	da 0.0 a 1.60/2.0	Limi sabbiosi debolmente argillosi di colore marrone localmente sovrastati da materiali eterogenei di riporto	18	5	24	30
2	da 1.60/2.0 a 4.5/5.50	Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici in poca matrice fine limoso-argillosa	19	5	32	45
3	da 4.5/5.50 a 7.50/10.50	Sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice fine limoso-argillosa più o meno abbondante	18	5	26	40
4	da 7.50/10.50 a 12.0/16.0	Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici in poca matrice fine limoso-argillosa	19	5	36	50
5	> 16.0	Alternanze di ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice fine limoso-argillosa più o meno abbondante e sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice fine limoso-argillosa più o meno abbondante	18	5	34	45

dove:

γ = peso di volume

c' = coesione efficace

ϕ' = angolo d'attrito

E' = modulo elastico drenato

Eu = modulo elastico non drenato

Il modulo di Poisson è stato assunto pari a 0,3.

La falda è stata riscontrata a profondità di circa -4.50 metri dall'attuale piano campagna.

14 LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione interessa generalmente depositi sabbiosi e/o sabbioso-limosi sciolti, saturi e a granulometria uniforme, i quali a seguito di una sollecitazione sismica passano dallo stato solido a quello fluido, denotando una diminuzione della resistenza al taglio a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali (u), tale da generare deformazioni permanenti significative o persino dell'annullamento delle pressioni efficaci (σ') nel terreno.

La verifica della suscettibilità alla liquefazione deve essere effettuata quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda.

Secondo il D.M. 17.01.2018 tale verifica può invece essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometriche esterne alle zone indicate nella figura 28, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in figura 29, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.

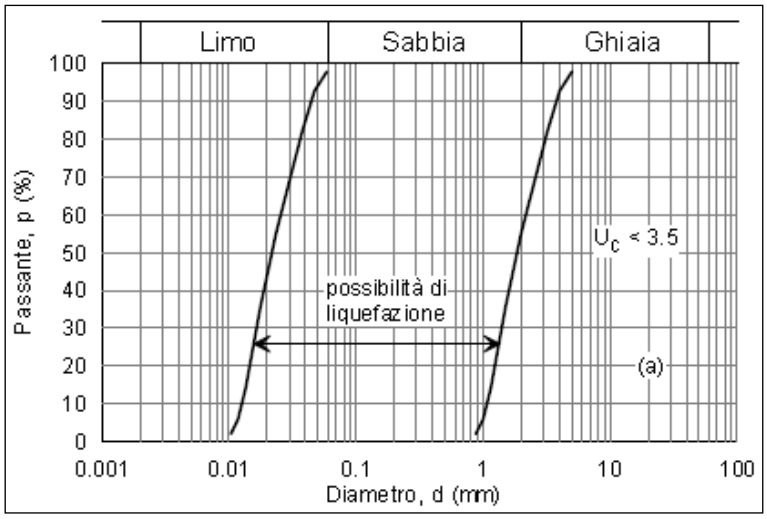


Figura 32: Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione con Uc < 3.5.

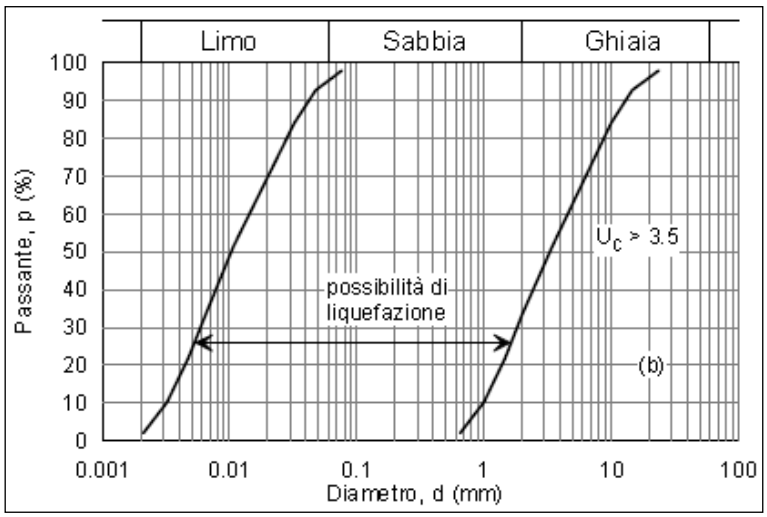


Figura 33: Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione con Uc > 3.5.

Nel caso in esame si esclude il rischio di liquefazione in quanto non sussiste la circostanza di cui al precedente punto 1.: l'accelerazione massima attesa allo stato limite SLC risulta A_{max} (g) pari a 0.0704g < 0.1g, determinata a seguito di specifica analisi di Risposta Sismica Locale, riportata in apposito elaborato.

15 CONCLUSIONI

Sulla base di quanto esposto nel presente elaborato si conclude quanto segue:

- La soggiacenza media della falda idrica nell'area, rilevata durante le indagini è generalmente di 4.50 m da p.c.; l'oscillazione del livello della falda è localmente pari a circa ±1.0 m; al fine di valutare tali oscillazioni si consiglia di monitorare stagionalmente i livelli di falda in corrispondenza del piezometro installato;
- Durante la campagna d'indagine eseguita sono stati effettuati n.3 sondaggi a carotaggio continuo dei quali n.1 attrezzato a piezometro a tubo aperto, n.5 prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H., n.1 stendimento sismico M.A.S.W., n.1 rilevazione sismica passiva H.V.S.R. e prove geotecniche di laboratorio su campioni di terreno indisturbati e rimaneggiati prelevati nei sondaggi;
- Il terreno indagato, con la metodologia M.A.S.W., presenta valori delle $V_{s,eq}$ corrispondenti alle V_{s30} riferiti all'attuale piano campagna che permettono di classificarlo in Categoria C.
- L'area oggetto di studio è classificata in zona sismica 3.
- Poiché le accelerazioni massime che fanno riferimento all'opera in progetto sono inferiori a 0.1g, si esclude la possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione (NTC 2018);
- Al fine di stimare le azioni sismiche è stata redatta specifica analisi di Risposta Sismica Locale, riportata in apposito documento;
- L'area è stata investigata da un numero sufficiente di test in sito che hanno permesso di definire i parametri geotecnici del suolo;

ALLEGATO 1 – STRATIGRAFIE SONDAGGI

performa
OPERE SPECIALI NEL SOTTOSUOLO
Corso Montebello n.1/A – 15057 Tortona (AL)
Tel. 0131.1673849 – E-mail info@performapali.it
C.F. e P.I. 02475980062 – Att.ne SOA Cat. OS21
Certificazione UNI EN ISO 9001

COMMITTENTE: *L22*

CANTIERE: MIL05-B – Vignate (MI)

QUOTA INIZIO: 120m s.l.m.

ESECUZIONE: *24-25.03.2025*

SONDAGGIO

S1

ASSISTENTE: *Dott. M.Ferri*	CAMPIONI INDISTURBATI	CAMPIONI RIMANEGGIATI	OSSERVAZIONI
OPERATORE: *Sig. A.Cocco*	☐ Shelby	○ da carotiere ⬠ da campionatore SPT ● ambientale	CAROTIERE: *Semplice diam. 101mm* RIVESTIMENTO METALLICO: *Diam. 127mm*
PERFORATRICE: *Beretta T44*	△ Osterberg		*Materiale riposto in cassetta catalogatrice in PVC (n.7) e fotografato.*

QUOTE (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CAMPIONI Prof. [m]	CAMPIONI Tipo	CAMPIONI Denominazione	Pocket Penetrometer Kg/cmq	Vane Test [Kg/cmq]	SPT Profondità [m]	SPT N	PERMEABILITA' Profondità [m]	PERMEABILITA' K [m/s]	SCHEMA PIEZOMETRO
0.00		*Limi sabbiosi debolmente argillosi di colore marrone.*	1.00 – 1.60	☐	S1 C.I.1			1.60 – 2.05	p.aperta 1.2.3			
1.60		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.6-8cm in poca matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro.*	2.00 – 3.00	○	S1 C.R.1			3.00 – 3.45	p.chiusa 8.13.20			
5.00		*Sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.6-8cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.*	4.00 – 5.00	○	S1 C.R.2			4.50 – 4.95	p.chiusa 12.12.15			
7.60		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.10-12cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.*	6.00 – 7.00	○	S1 C.R.3			6.00 – 6.45	p.chiusa 7.7.9			
			8.00 – 9.00	○	S1 C.R.4			7.50 – 7.95	p.chiusa 15.12.19			
			10.00 – 11.00	○	S1 C.R.5			9.00 – 9.45	p.chiusa 18.23.21			
			14.00 – 15.00	○	S1 C.R.6			10.50 – 10.95	p.chiusa 15.17.25			
								12.00 – 12.45	p.chiusa 22.28.30			
16.40								15.00 – 15.45	p.chiusa 10.21.18			
17.00		*Sabbie da fini a medie con locali ciottoli eterometrici in matrice fine limosa di colore grigiastro-marrone.*	16.00 – 17.00	○	S1 C.R.7							
19.00		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.8-10cm in poca matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro.*						18.00 – 18.45	p.chiusa 13.18.23			
20.00		*Sabbie da medie a grossolane e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.5-7cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.*										

performa
OPERE SPECIALI NEL SOTTOSUOLO
Corso Montebello n.1/A – 15057 Tortona (AL)
Tel. 0131.1673849 – E-mail info@performapali.it
C.F. e P.I. 02475980062 – Att.ne SOA Cat. OS21
Certificazione UNI EN ISO 9001

COMMITTENTE: *L22*

CANTIERE: MIL05-B – Vignate (MI)

QUOTA INIZIO: 120m s.l.m.

ESECUZIONE: *24-25.03.2025*

SONDAGGIO

S1

ASSISTENTE: *Dott. M.Ferri*	CAMPIONI INDISTURBATI	CAMPIONI RIMANEGGIATI	OSSERVAZIONI
OPERATORE: *Sig. A.Cocco*	☐ Shelby	○ da carotiere ⬠ da campionatore SPT ● ambientale	CAROTIERE: *Semplice diam. 101mm* RIVESTIMENTO METALLICO: *Diam. 127mm*
PERFORATRICE: *Beretta T44*	△ Osterberg		*Materiale riposto in cassetta catalogatrice in PVC (n.7) e fotografato.*

QUOTE (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CAMPIONI Prof. [m]	CAMPIONI Tipo	CAMPIONI Rendimento	Pocket Penetrometer Kg/cmq	Vane Test [Kg/cmq]	SPT Profondità [m]	SPT N	PERMEABILITA' Profondità [m]	PERMEABILITA' K [m/s]	SCHEMA PIEZOMETRO
20.00												
		Sabbie da medie a grossolane e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.5-7cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.						*21.00 – 21.45*	p.chiusa 17.15.16			
25.80								*24.00 – 24.45*	p.chiusa 19.20.16			
		Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.8-10cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.						*27.00 – 27.45*	p.chiusa 16.17.25			
28.70												
		Sabbie da medie a grossolane e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.8-10cm in matrice fine limoso-argillosa di colore marrone-grigiastro più o meno abbondante.						*30.00 – 30.45*	p.chiusa 14.16.21			
30.90												
		Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.8-10cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.						*33.00 – 33.45*	p.chiusa 19.23.28			
35.00												

COMMITTENTE: L 22 SPA
ESECUZIONE: 24÷25 03 2025
CANTIERE: VIGNATE MIL05B
SONDAGGIO: S1
QUOTA INIZIO: 0.00 mT
CASSETTA N°: 1 da m 0 a m 5
S1 · C.I. 1 1.00 ÷ 1.60

MIL05B VIGNATE (MI) – S1 CASSETTA da 0.00m a 5.00m

COMMITTENTE: L 22 SPA
ESECUZIONE: 24÷25 03 2025
CANTIERE: VIGNATE MIL05B
SONDAGGIO: S1
QUOTA INIZIO: 0.00 mT
CASSETTA N°: 2 da m 5 a m 10

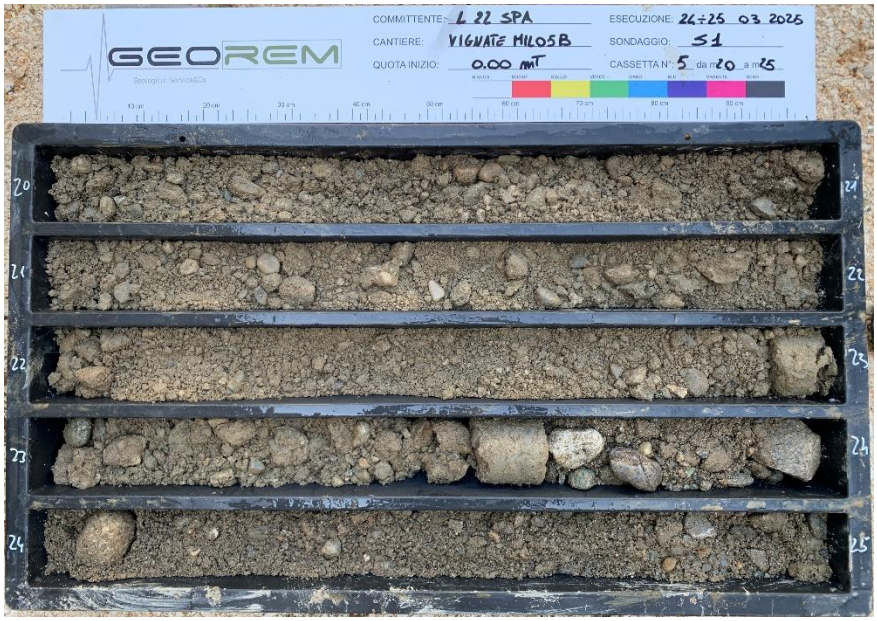
MIL05B VIGNATE (MI) – S1 CASSETTA da 5.00m a 10.00m

COMMITTENTE: L 22 SPA
ESECUZIONE: 24÷25 03 2025
CANTIERE: VIGNATE MIL05B
SONDAGGIO: S1
QUOTA INIZIO: 0.00 mT
CASSETTA N°: 3 da m 10 a m 15

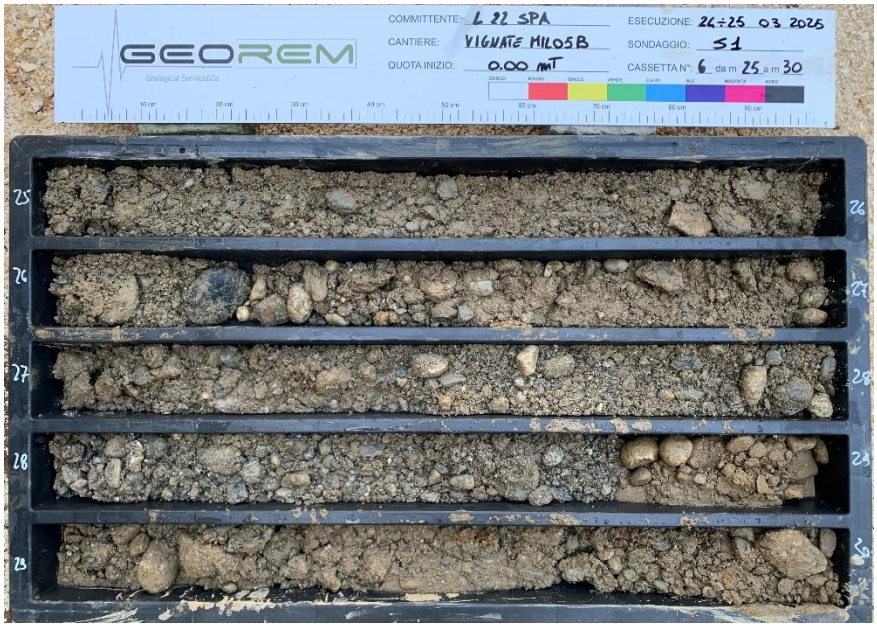
MIL05B VIGNATE (MI) – S1 CASSETTA da 10.00m a 15.00m

COMMITTENTE: L 22 SPA
ESECUZIONE: 24÷25 03 2025
CANTIERE: VIGNATE MIL05B
SONDAGGIO: S1
QUOTA INIZIO: 0.00 mT
CASSETTA N°: 4 da m 15 a m 20

MIL05B VIGNATE (MI) – S1 CASSETTA da 15.00m a 20.00m


COMMITTENTE: L 22 SPA
ESECUZIONE: 24÷25 03 2025
CANTIERE: VIGNATE MIL05B
SONDAGGIO: S1
QUOTA INIZIO: 0.00 mT
CASSETTA N°: 5 da m 20 a m 25

MIL05B VIGNATE (MI) – S1 CASSETTA da 20.00m a 25.00m


COMMITTENTE: L 22 SPA
ESECUZIONE: 24÷25 03 2025
CANTIERE: VIGNATE MIL05B
SONDAGGIO: S1
QUOTA INIZIO: 0.00 mT
CASSETTA N°: 6 da m 25 a m 30

MIL05B VIGNATE (MI) – S1 CASSETTA da 25.00m a 30.00m

MIL05B VIGNATE (MI) – S1 CASSETTA da 30.00m a 35.00m

performa
OPERE SPECIALI NEL SOTTOSUOLO
Corso Montebello n.1/A – 15057 Tortona (AL)
Tel. 0131.1673849 – E-mail info@performapali.it
C.F. e P.I. 02475980062 – Att.ne SOA Cat. OS21
Certificazione UNI EN ISO 9001

COMMITTENTE: *L22*

CANTIERE: MIL05-B – Vignate (MI)

QUOTA INIZIO: 120m s.l.m.

ESECUZIONE: *25-26.03.2025*

SONDAGGIO

S2/PZ1

ASSISTENTE: *Dott. M.Ferri*	CAMPIONI INDISTURBATI	CAMPIONI RIMANEGGIATI	OSSERVAZIONI
OPERATORE: *Sig. A.Cocco*	☐ Shelby	○ da carotiere ⬠ da campionatore SPT ● ambientale	CAROTIERE: *Semplice diam. 101mm* RIVESTIMENTO METALLICO: *Diam. 127mm*
PERFORATRICE: *Beretta T44*	△ Osterberg		*Materiale riposto in cassetta catalogatrice in PVC (n.7) e fotografato.* *Foro attrezzato con piezometro a tubo aperto in PVC diam. 3" microfessurato da -3m a -35m da p.c.*

QUOTE (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CAMPIONI Prof. [m]	CAMPIONI Tipo	CAMPIONI Denominazione	Pocket Penetrometer Kg/cmq	Vane Test [Kg/cmq]	SPT Profondità [m]	SPT N	PERMEABILITA' Profondità [m]	PERMEABILITA' K [m/s]	SCHEMA PIEZOMETRO
0.00		*Materiali eterogenei di natura ghiaioso-sabbiosa con frammenti di laterizi seguiti da limi sabbiosi debolmente argillosi di colore marrone.*						1.50 – 1.95	p.aperta 3.5.5			cieca; tubaz.
1.80												
4.60		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.6-8cm in poca matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro.*	2.00 – 3.00	○	S2 C.R.1			3.00 – 3.45	p.chiusa 13.19.24			
			4.00 – 5.00	○	S2 C.R.2			4.50 – 4.95	p.chiusa 11.13.12			-4.50m 27.03.2025
10.40		*Sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.6-8cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.*	6.00 – 7.00	○	S2 C.R.3			6.00 – 6.45	p.chiusa 12.14.20			
			8.00 – 9.00	○	S2 C.R.4			7.50 – 7.95	p.chiusa 9.20.18			
			10.00 – 11.00	○	S2 C.R.5			9.00 – 9.45	p.chiusa 14.10.17			
16.00		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.10-12cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.*						10.50 – 10.95	p.chiusa 21.29.30			
								12.00 – 12.45	p.chiusa 17.19.24			
			14.00 – 15.00	○	S2 C.R.6			15.00 – 15.45	p.chiusa 20.29.22			
17.70		*Sabbie da fini a medie con più o meno abbondanti ciottoli eterometrici in matrice fine limosa di colore grigiastro-marrone.*	16.00 – 17.00	○	S2 C.R.7							
		Sabbie da medie a grossolane e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.5-7cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.						18.00 – 18.45	p.chiusa 9.14.15			
			19.00 – 20.00	○	S2 C.R.8							filtro (tubazione microfessurata+dreno in ghiaietto)

performa
OPERE SPECIALI NEL SOTTOSUOLO
Corso Montebello n.1/A – 15057 Tortona (AL)
Tel. 0131.1673849 – E-mail info@performapali.it
C.F. e P.I. 02475980062 – Att.ne SOA Cat. OS21
Certificazione UNI EN ISO 9001

COMMITTENTE: *L22*

CANTIERE: MIL05-B – Vignate (MI)

QUOTA INIZIO: 120m s.l.m.

ESECUZIONE: *25-26.03.2025*

SONDAGGIO

S2/PZ1

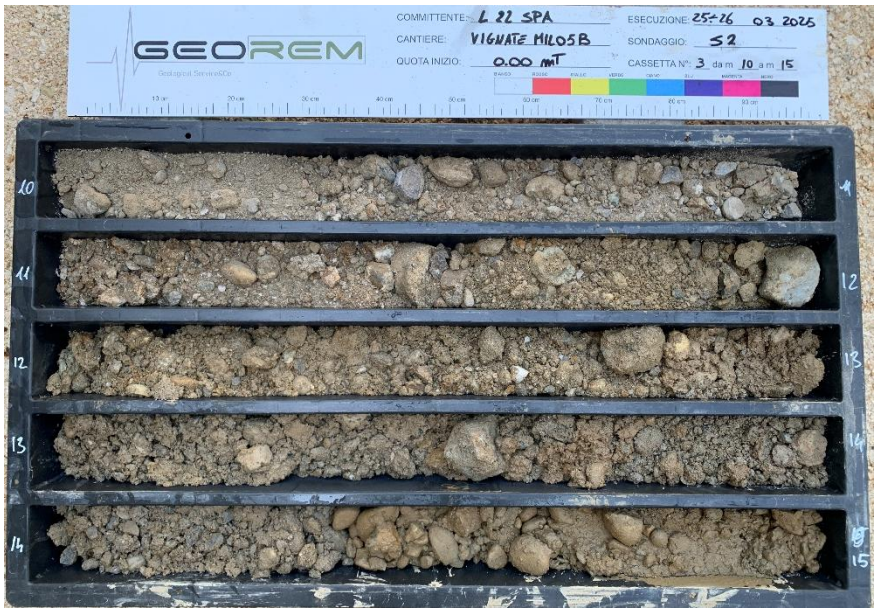
ASSISTENTE: *Dott. M.Ferri*	CAMPIONI INDISTURBATI	CAMPIONI RIMANEGGIATI	OSSERVAZIONI
OPERATORE: *Sig. A.Cocco*	☐ Shelby	○ da carotiere ⬠ da campionatore SPT ● ambientale	CAROTIERE: *Semplice diam. 101mm* RIVESTIMENTO METALLICO: *Diam. 127mm*
PERFORATRICE: *Beretta T44*	△ Osterberg		*Materiale riposto in cassetta catalogatrice in PVC (n.7) e fotografato.* *Foro attrezzato con piezometro a tubo aperto in PVC diam. 3" microfessurato da -3m a -35m da p.c.*

QUOTE (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CAMPIONI Prof. [m]	CAMPIONI Tipo	CAMPIONI Rimaneggiato	Pocket Penetrometer Kg/cmq	Vane Test [Kg/cmq]	SPT Profondità [m]	SPT N	PERMEABILITA' Profondità [m]	PERMEABILITA' K [m/s]	SCHEMA PIEZOMETRO
20.00												
		Sabbie da medie a grossolane e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.5-7cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.						21.00 – 21.45	p.chiusa 17.19.18			
								24.00 – 24.45	p.chiusa 15.16.20			
								27.00 – 27.45	p.chiusa 18.11.20			
27.30												
		Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.8-10cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.						30.00 – 30.45	p.chiusa 14.28.21			
								33.00 – 33.45	p.chiusa 25.28.23			
33.40												
		Sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.3-5cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.										
35.00												

filtro (tubazione microfessurata+dreno in ghiaietto)

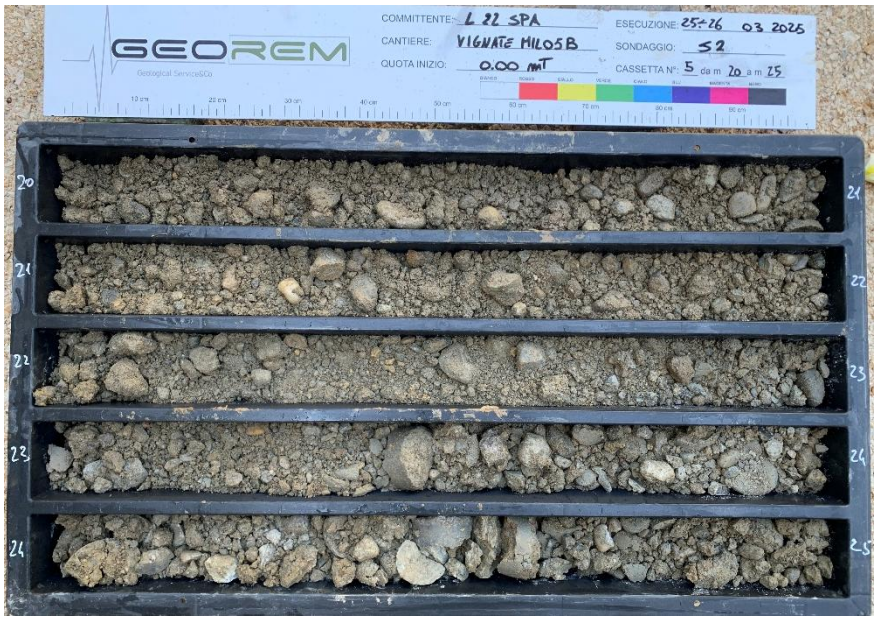
MIL05B VIGNATE (MI) – S2/PZ1 CASSETTA da 0.00m a 5.00m

MIL05B VIGNATE (MI) – S2/PZ1 CASSETTA da 5.00m a 10.00m



MIL05B VIGNATE (MI) – S2/PZ1 CASSETTA da 10.00m a 15.00m

MIL05B VIGNATE (MI) – S2/PZ1 CASSETTA da 15.00m a 20.00m



MIL05B VIGNATE (MI) – S2/PZ1 CASSETTA da 20.00m a 25.00m

MIL05B VIGNATE (MI) – S2/PZ1 CASSETTA da 25.00m a 30.00m

MIL05B VIGNATE (MI) – S2/PZ1 CASSETTA da 30.00m a 35.00m

performa
OPERE SPECIALI NEL SOTTOSUOLO

Corso Montebello n.1/A – 15057 Tortona (AL)
Tel. 0131.1673849 – E-mail info@performapali.it
C.F. e P.I. 02475980062 – Att.ne SOA Cat. OS21
Certificazione UNI EN ISO 9001

COMMITTENTE: *L22*

CANTIERE: MIL05-B – Vignate (MI)

QUOTA INIZIO: 120m s.l.m.

ESECUZIONE: *26-27.03.2025*

SONDAGGIO

S3

ASSISTENTE: *Dott. M.Ferri*	CAMPIONI INDISTURBATI	CAMPIONI RIMANEGGIATI	OSSERVAZIONI
OPERATORE: *Sig. A.Cocco*	☐ Shelby	○ da carotiere ⬠ da campionatore SPT ● ambientale	CAROTIERE: *Semplice diam. 101mm* RIVESTIMENTO METALLICO: *Diam. 127mm*
PERFORATRICE: *Beretta T44*	△ Osterberg		*Materiale riposto in cassetta catalogatrice in PVC (n.7) e fotografato.* *Foro attrezzato con piezometro a tubo aperto in PVC diam. 3" microfessurato da -3m a -20m da p.c.*

QUOTE (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CAMPIONI Prof. [m]	CAMPIONI Tipo	CAMPIONI Denominazione	Pocket Penetrometer Kg/cmq	Vane Test [Kg/cmq]	SPT Profondità [m]	SPT N	PERMEABILITA' Profondità [m]	PERMEABILITA' K [m/s]	SCHEMA PIEZOMETRO
0.00		*Limi sabbiosi debolmente argillosi di colore marrone.*	1.00 – 1.60	☐	S3 C.I.1			1.60 – 2.05	p.aperta 4.4.3			
2.20		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.6-8cm in poca matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro-marrone.*	4.00 – 5.00	○	S3 C.R.1			3.00 – 3.45 4.50 – 4.95	p.chiusa 10.13.14 p.chiusa 20.18.11			
5.60		*Sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.6-8cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.*	6.00 – 7.00	○	S3 C.R.2			6.00 – 6.45 7.50 – 7.95	p.chiusa 9.12.17 p.chiusa 6.21.23			
7.60		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.10-12cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.*	8.00 – 9.00	○	S3 C.R.3			9.00 – 9.45 10.50 – 10.95	p.chiusa 14.20.27 p.chiusa 12.19.20			
11.60		*Sabbie da fini a medie con locali ciottoli eterometrici in matrice fine limosa di colore grigiastro-marrone.*	12.00 – 13.00	○	S3 C.R.4			12.00 – 12.45	p.chiusa 10.10.11			
12.50		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.8-10cm in poca matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro.*	14.00 – 15.00 16.00 – 17.00 18.00 – 19.00	○ ○ ○	S3 C.R.5 S3 C.R.6 S3 C.R.7			15.00 – 15.45 18.00 – 18.45	p.chiusa 24.29.20 p.chiusa 23.28.23			
20.00												

performa
OPERE SPECIALI NEL SOTTOSUOLO
Corso Montebello n.1/A – 15057 Tortona (AL)
Tel. 0131.1673849 – E-mail info@performapali.it
C.F. e P.I. 02475980062 – Att.ne SOA Cat. OS21
Certificazione UNI EN ISO 9001

COMMITTENTE: *L22*

CANTIERE: MIL05-B – Vignate (MI)

QUOTA INIZIO: 120m s.l.m.

ESECUZIONE: *26-27.03.2025*

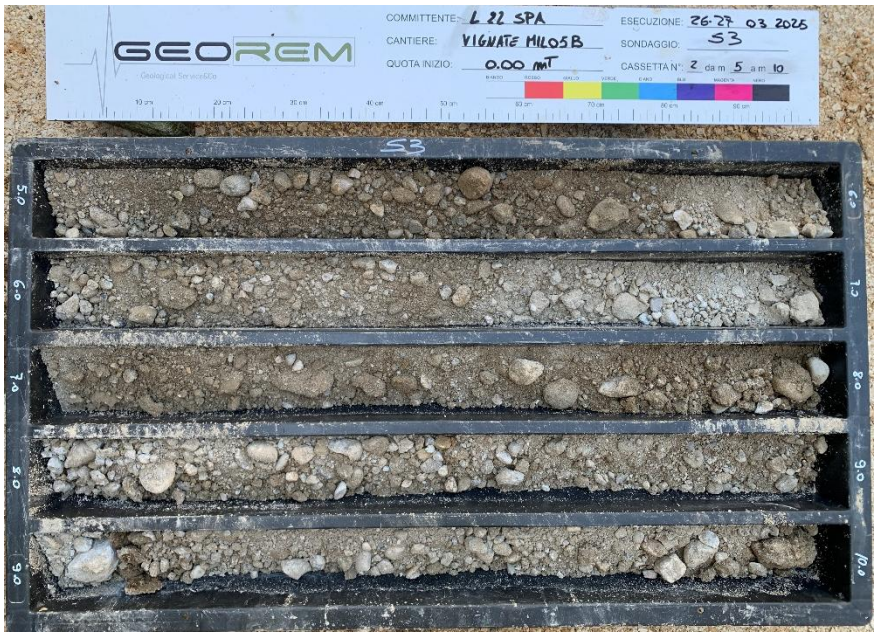
SONDAGGIO

S3

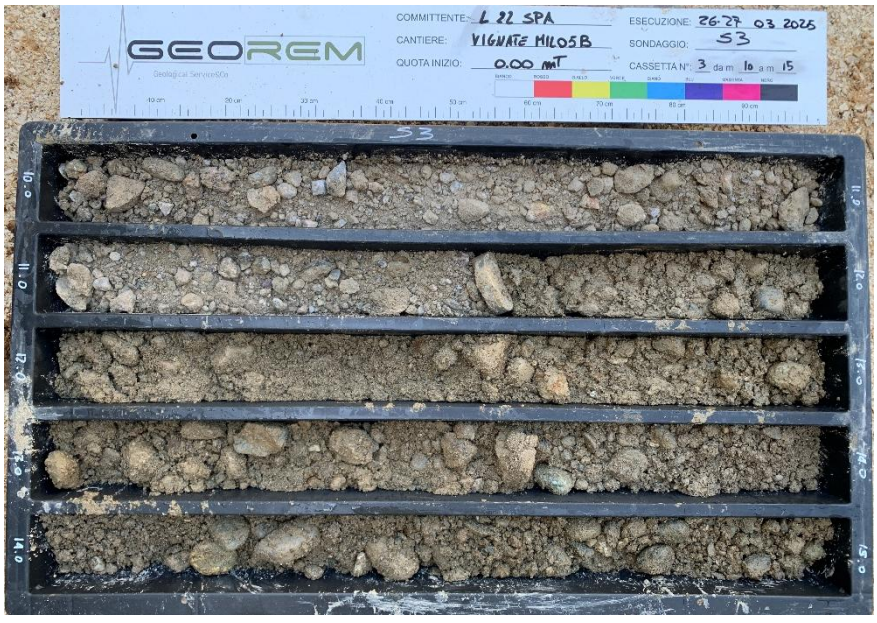
ASSISTENTE: *Dott. M.Ferri*	CAMPIONI INDISTURBATI	CAMPIONI RIMANEGGIATI	OSSERVAZIONI
OPERATORE: *Sig. A.Cocco*	☐ Shelby	○ da carotiere ⬠ da campionatore SPT	CAROTIERE: *Semplice diam. 101mm*
PERFORATRICE: *Beretta T44*	△ Osterberg	● ambientale	RIVESTIMENTO METALLICO: *Diam. 127mm* *Materiale riposto in cassetta catalogatrice in PVC (n.7) e fotografato.* *Foro attrezzato con piezometro a tubo aperto in PVC diam. 3" microfessurato da -3m a -20m da p.c.*

QUOTE (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CAMPIONI Prof. [m]	CAMPIONI Tipo	CAMPIONI Rendimento	Pocket Penetrometer Kg/cmq	Vane Test [Kg/cmq]	SPT Profondità [m]	SPT N	PERMEABILITA' Profondità [m]	PERMEABILITA' K [m/s]	SCHEMA PIEZOMETRO
20.00												
20.20		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.8-10cm in poca matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro.*										
20.80		*Sabbie da fini a medie con locali ciottoli eterometrici in matrice fine limosa di colore grigiastro-marrone.*						21.00 – 21.45	p.chiusa 14.12.10			
25.00		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.8-10cm in poca matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro.*						24.00 – 24.45	p.chiusa 15.20.22			
30.00		*Sabbie da medie a grossolane e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.6-8cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.*						27.00 – 27.45	p.chiusa 12.11.11			
33.80		*Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.10-12cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.*						30.00 – 30.45	p.chiusa 19.15.21			
35.00		*Sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici sub-arrotondati, diam.max.3-5cm in matrice fine limoso-argillosa di colore grigiastro più o meno abbondante.*						33.00 – 33.45	p.chiusa 15.18.19			

MIL05B VIGNATE (MI) – S3 CASSETTA da 0.00m a 5.00m



MIL05B VIGNATE (MI) – S3 CASSETTA da 5.00m a 10.00m



MIL05B VIGNATE (MI) – S3 CASSETTA da 10.00m a 15.00m

MIL05B VIGNATE (MI) – S3 CASSETTA da 15.00m a 20.00m

MIL05B VIGNATE (MI) – S3 CASSETTA da 20.00m a 25.00m

MIL05B VIGNATE (MI) – S3 CASSETTA da 25.00m a 30.00m

MIL05B VIGNATE (MI) – S3 CASSETTA da 30.00m a 35.00m

ALLEGATO 2 – GRAFICI PROVE PENETROMETRICHE

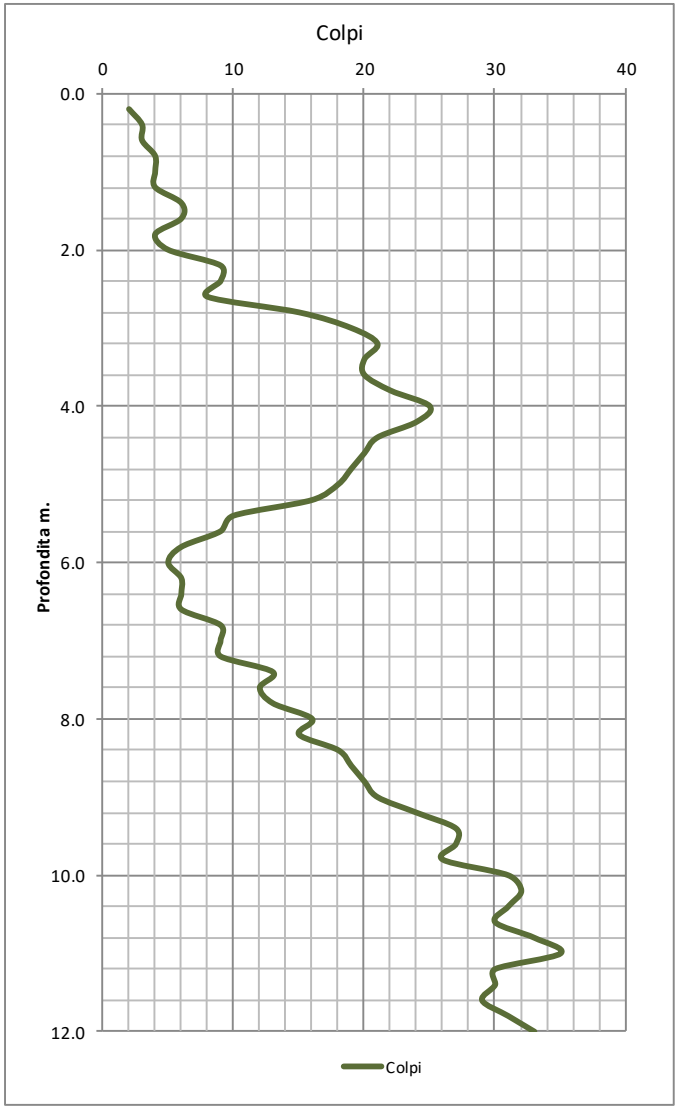
PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

STACK MIL05B

VIA PUGLIA SNC - VIGNATE (MI)

Prova: DPSH 1	Profondità : 12.0 *m.*	Quota Ass P.C: - - *m.*
Penetrom: *Pagani*	Data:29/01/2024	Coo: - - - -

Aste	Prof.	Colpi	Aste	Prof.	Colpi	Aste	Prof.	Colpi
1	0.2	2	11	10.2	32	21	20.2	
	0.4	3		10.4	31		20.2	
	0.6	3		10.6	30		20.4	
	0.8	4		10.8	33		20.6	
	1.0	4		11.0	35		20.8	
2	1.2	4	12	11.2	30	22	21.0	
	1.4	6		11.4	30		21.2	
	1.6	6		11.6	29		21.4	
	1.8	4		11.8	31		21.6	
	2.0	5		12.0	33		21.8	
3	2.2	9	13	12.2		23	22.0	
	2.4	9		12.4			22.2	
	2.6	8		12.6			22.4	
	2.8	15		12.8			22.6	
	3.0	19		13.0			22.8	
4	3.2	21	14	13.2		24	23.0	
	3.4	20		13.4			23.2	
	3.6	20		13.6			23.4	
	3.8	22		13.8			23.6	
	4.0	25		14.0			23.8	
5	4.2	24	15	14.2		25	24.0	
	4.4	21		14.4			24.2	
	4.6	20		14.6			24.6	
	4.8	19		14.8			24.8	
	5.0	18		15.0			25.0	
6	5.2	16	16	15.2		26	25.2	
	5.4	10		15.4			25.4	
	5.6	9		15.6			25.6	
	5.8	6		15.8			25.8	
	6.0	5		16.0			26.0	
7	6.2	6	17	16.2		27	26.2	
	6.4	6		16.4			26.4	
	6.6	6		16.6			26.6	
	6.8	9		16.8			26.8	
	7.0	9		17.0			27.0	
8	7.2	9	18	17.2		28	27.2	
	7.4	13		17.4			27.4	
	7.6	12		17.6			27.6	
	7.8	13		17.8			27.8	
	8.0	16		18.0			28.0	
9	8.2	15	19	18.2		29	28.2	
	8.4	18		18.4			28.4	
	8.6	19		18.6			28.6	
	8.8	20		18.8			28.8	
	9.0	21		19.0			29.0	
10	9.2	24	20	19.2		30	29.2	
	9.4	27		19.4			29.4	
	9.6	27		19.6			29.6	
	9.8	26		19.8			29.8	
	10.0	31		20.0			30.0	



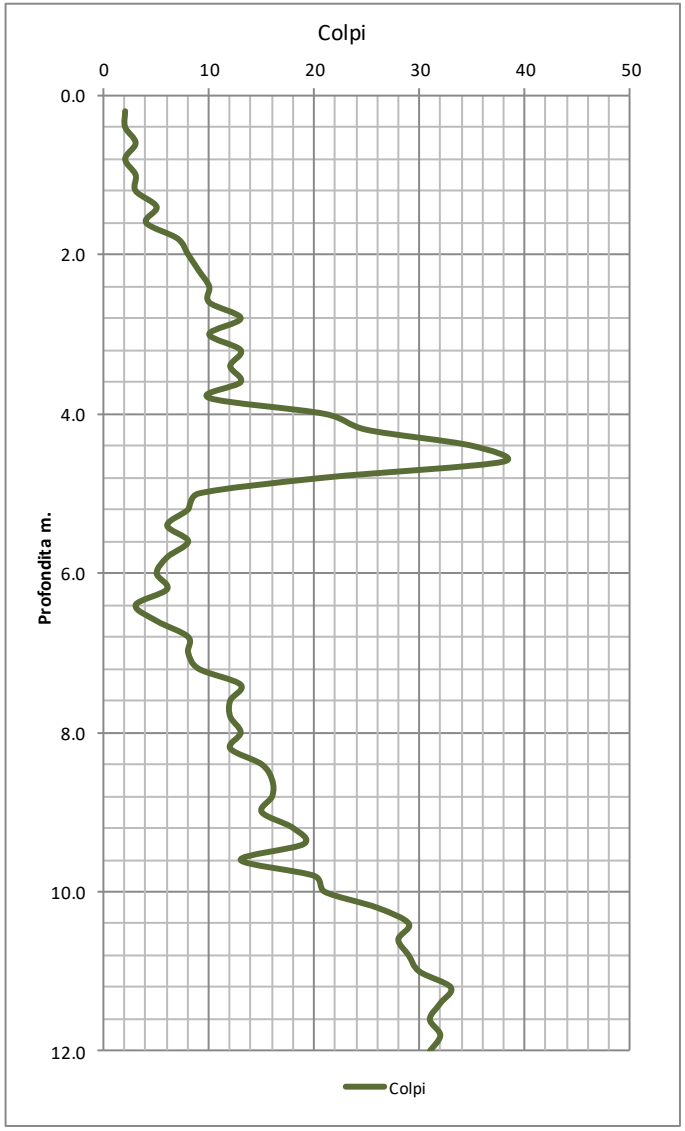
PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

STACK MIL05B

VIA PUGLIA SNC - VIGNATE (MI)

Prova: DPSH 2	Profondità : 12.0 *m.*	Quota Ass P.C: - - *m.*
Penetrom: *Pagani*	Data:29/01/2024	Coo: - - - -

Aste	Prof.	Colpi	Aste	Prof.	Colpi	Aste	Prof.	Colpi
1	0.2	2	11	10.2	26	21	20.2	
	0.4	2		10.4	29		20.2	
	0.6	3		10.6	28		20.4	
	0.8	2		10.8	29		20.6	
	1.0	3		11.0	30		20.8	
2	1.2	3	12	11.2	33	22	21.0	
	1.4	5		11.4	32		21.2	
	1.6	4		11.6	31		21.4	
	1.8	7		11.8	32		21.6	
	2.0	8		12.0	31		21.8	
3	2.2	9	13	12.2		23	22.0	
	2.4	10		12.4			22.2	
	2.6	10		12.6			22.4	
	2.8	13		12.8			22.6	
	3.0	10		13.0			22.8	
4	3.2	13	14	13.2		24	23.0	
	3.4	12		13.4			23.2	
	3.6	13		13.6			23.4	
	3.8	10		13.8			23.6	
	4.0	21		14.0			23.8	
5	4.2	25	15	14.2		25	24.0	
	4.4	35		14.4			24.2	
	4.6	38		14.6			24.6	
	4.8	21		14.8			24.8	
	5.0	9		15.0			25.0	
6	5.2	8	16	15.2		26	25.2	
	5.4	6		15.4			25.4	
	5.6	8		15.6			25.6	
	5.8	6		15.8			25.8	
	6.0	5		16.0			26.0	
7	6.2	6	17	16.2		27	26.2	
	6.4	3		16.4			26.4	
	6.6	5		16.6			26.6	
	6.8	8		16.8			26.8	
	7.0	8		17.0			27.0	
8	7.2	9	18	17.2		28	27.2	
	7.4	13		17.4			27.4	
	7.6	12		17.6			27.6	
	7.8	12		17.8			27.8	
	8.0	13		18.0			28.0	
9	8.2	12	19	18.2		29	28.2	
	8.4	15		18.4			28.4	
	8.6	16		18.6			28.6	
	8.8	16		18.8			28.8	
	9.0	15		19.0			29.0	
10	9.2	18	20	19.2		30	29.2	
	9.4	19		19.4			29.4	
	9.6	13		19.6			29.6	
	9.8	20		19.8			29.8	
	10.0	21		20.0			30.0	



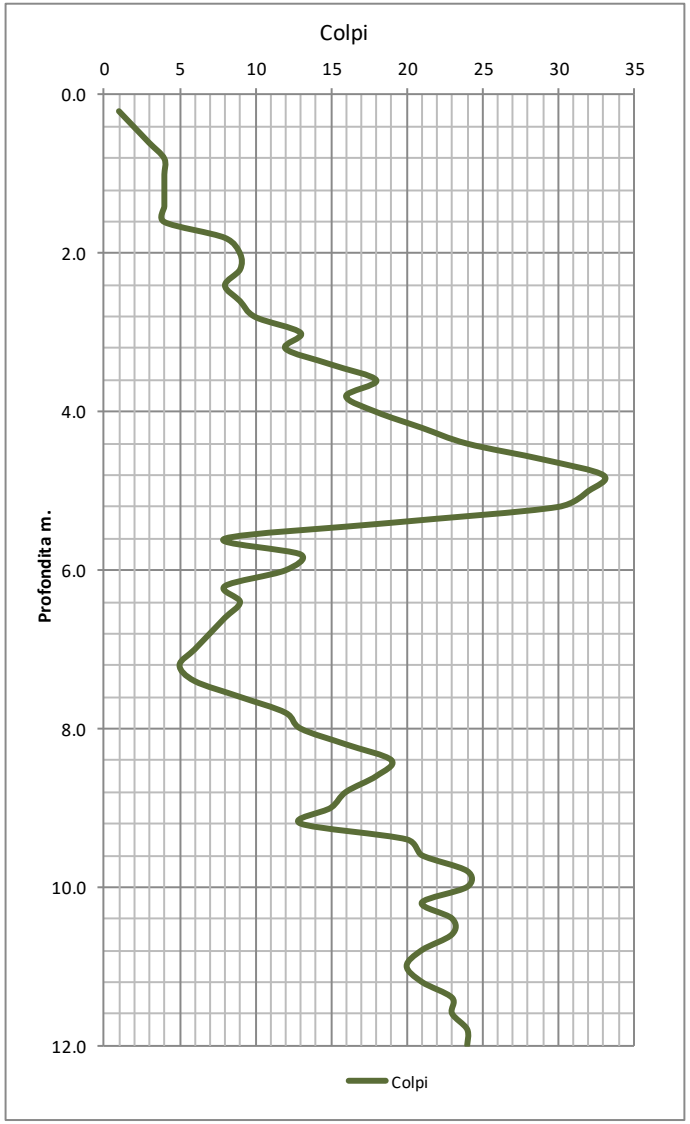
PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

STACK MIL05B

VIA PUGLIA SNC - VIGNATE (MI)

Prova: DPSH 3	Profondità : 13.6 *m.*	Quota Ass P.C: - - *m.*
Penetrom: *Pagani*	Data:29/01/2024	Coo: - - - -

Aste	Prof.	Colpi	Aste	Prof.	Colpi	Aste	Prof.	Colpi
1	0.2	1	11	10.2	21	21	20.2	
	0.4	2		10.4	23		20.2	
	0.6	3		10.6	23		20.4	
	0.8	4		10.8	21		20.6	
	1.0	4		11.0	20		20.8	
2	1.2	4	12	11.2	21	22	21.0	
	1.4	4		11.4	23		21.2	
	1.6	4		11.6	23		21.4	
	1.8	8		11.8	24		21.6	
	2.0	9		12.0	24		21.8	
3	2.2	9	13	12.2		23	22.0	
	2.4	8		12.4			22.2	
	2.6	9		12.6			22.4	
	2.8	10		12.8			22.6	
	3.0	13		13.0			22.8	
4	3.2	12	14	13.2		24	23.0	
	3.4	15		13.4			23.2	
	3.6	18		13.6			23.4	
	3.8	16		13.8			23.6	
	4.0	18		14.0			23.8	
5	4.2	21	15	14.2		25	24.0	
	4.4	24		14.4			24.2	
	4.6	29		14.6			24.6	
	4.8	33		14.8			24.8	
	5.0	32		15.0			25.0	
6	5.2	30	16	15.2		26	25.2	
	5.4	19		15.4			25.4	
	5.6	8		15.6			25.6	
	5.8	13		15.8			25.8	
	6.0	12		16.0			26.0	
7	6.2	8	17	16.2		27	26.2	
	6.4	9		16.4			26.4	
	6.6	8		16.6			26.6	
	6.8	7		16.8			26.8	
	7.0	6		17.0			27.0	
8	7.2	5	18	17.2		28	27.2	
	7.4	6		17.4			27.4	
	7.6	9		17.6			27.6	
	7.8	12		17.8			27.8	
	8.0	13		18.0			28.0	
9	8.2	16	19	18.2		29	28.2	
	8.4	19		18.4			28.4	
	8.6	18		18.6			28.6	
	8.8	16		18.8			28.8	
	9.0	15		19.0			29.0	
10	9.2	13	20	19.2		30	29.2	
	9.4	20		19.4			29.4	
	9.6	21		19.6			29.6	
	9.8	24		19.8			29.8	
	10.0	24		20.0			30.0	



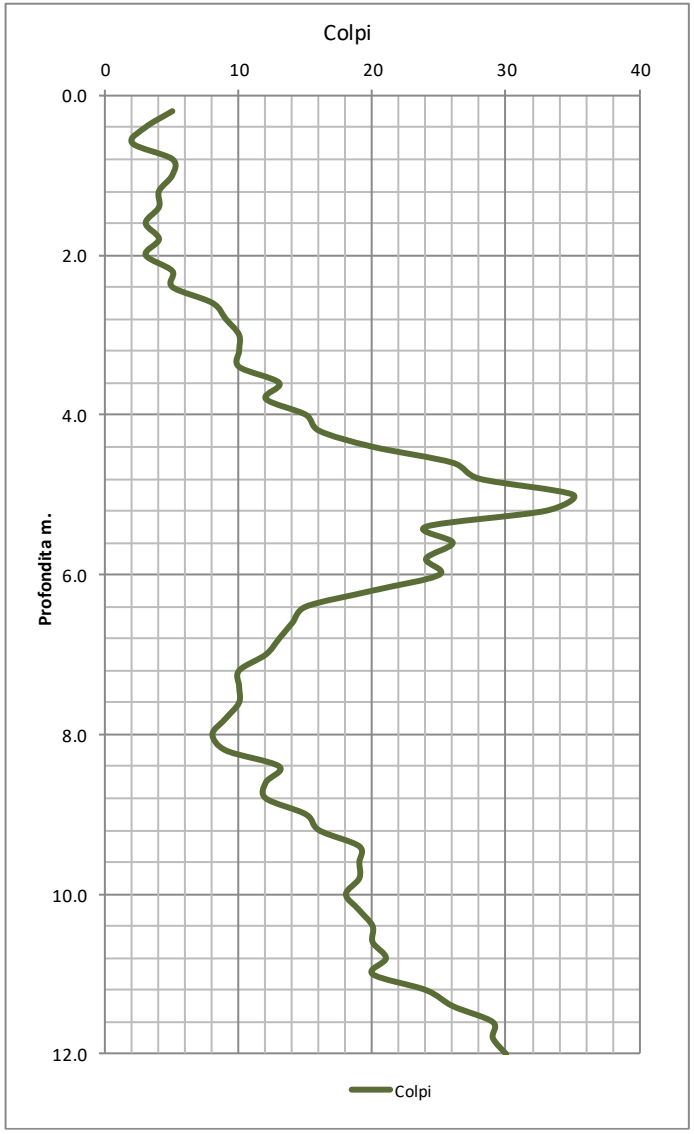
PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

STACK MIL05B

VIA PUGLIA SNC - VIGNATE (MI)

Prova: DPSH 4	Profondità : 14.4 *m.*	Quota Ass P.C: - - *m.*
Penetrom: *Pagani*	Data:29/01/2024	Coo: - - - -

Aste	Prof.	Colpi	Aste	Prof.	Colpi	Aste	Prof.	Colpi
	0.2	5		10.2	19	21	20.2	
	0.4	3		10.4	20		20.2	
1	0.6	2	11	10.6	20		20.4	
	0.8	5		10.8	21		20.6	
	1.0	5		11.0	20		20.8	
	1.2	4		11.2	24	22	21.0	
	1.4	4		11.4	26		21.2	
2	1.6	3	12	11.6	29		21.4	
	1.8	4		11.8	29		21.6	
	2.0	3		12.0	30		21.8	
	2.2	5		12.2		23	22.0	
	2.4	5		12.4			22.2	
3	2.6	8	13	12.6			22.4	
	2.8	9		12.8			22.6	
	3.0	10		13.0			22.8	
	3.2	10		13.2		24	23.0	
	3.4	10		13.4			23.2	
4	3.6	13	14	13.6			23.4	
	3.8	12		13.8			23.6	
	4.0	15		14.0			23.8	
	4.2	16		14.2			24.0	
	4.4	20		14.4			24.2	
5	4.6	26	15	14.6		25	24.6	
	4.8	28		14.8			24.8	
	5.0	35		15.0			25.0	
	5.2	33		15.2			25.2	
	5.4	24		15.4			25.4	
6	5.6	26	16	15.6		26	25.6	
	5.8	24		15.8			25.8	
	6.0	25		16.0			26.0	
	6.2	20		16.2			26.2	
	6.4	15		16.4			26.4	
7	6.6	14	17	16.6		27	26.6	
	6.8	13		16.8			26.8	
	7.0	12		17.0			27.0	
	7.2	10		17.2			27.2	
	7.4	10		17.4			27.4	
8	7.6	10	18	17.6		28	27.6	
	7.8	9		17.8			27.8	
	8.0	8		18.0			28.0	
	8.2	9		18.2			28.2	
	8.4	13		18.4			28.4	
9	8.6	12	19	18.6		29	28.6	
	8.8	12		18.8			28.8	
	9.0	15		19.0			29.0	
	9.2	16		19.2			29.2	
	9.4	19		19.4			29.4	
10	9.6	19	20	19.6		30	29.6	
	9.8	19		19.8			29.8	
	10.0	18		20.0			30.0	



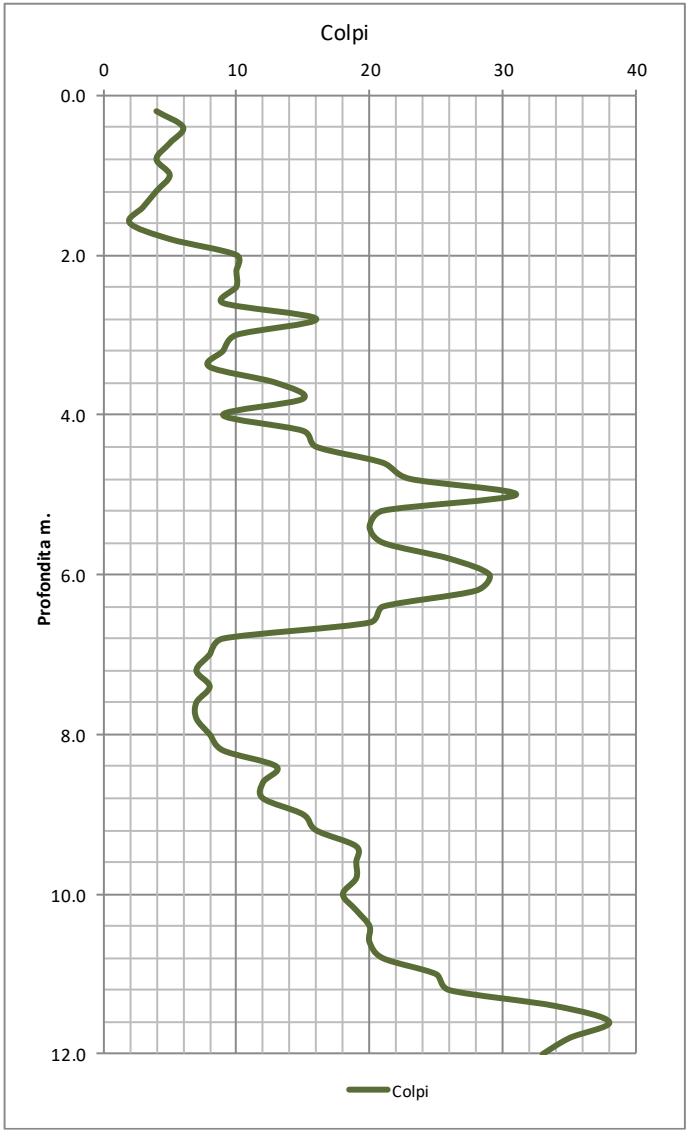
PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

STACK MIL05B

VIA PUGLIA SNC - VIGNATE (MI)

Prova: DPSH 5	Profondità : 13.8 *m.*	Quota Ass P.C: - - *m.*
Penetrom: *Pagani*	Data:29/01/2024	Coo: - - - -

Aste	Prof.	Colpi	Aste	Prof.	Colpi	Aste	Prof.	Colpi
1	0.2	4	11	10.2	19	21	20.2	
	0.4	6		10.4	20		20.2	
	0.6	5		10.6	20		20.4	
	0.8	4		10.8	21		20.6	
	1.0	5		11.0	25		20.8	
2	1.2	4	12	11.2	26	22	21.0	
	1.4	3		11.4	34		21.2	
	1.6	2		11.6	38		21.4	
	1.8	5		11.8	35		21.6	
	2.0	10		12.0	33		21.8	
3	2.2	10	13	12.2		23	22.0	
	2.4	10		12.4			22.2	
	2.6	9		12.6			22.4	
	2.8	16		12.8			22.6	
	3.0	10		13.0			22.8	
4	3.2	9	14	13.2		24	23.0	
	3.4	8		13.4			23.2	
	3.6	13		13.6			23.4	
	3.8	15		13.8			23.6	
	4.0	9		14.0			23.8	
5	4.2	15	15	14.2		25	24.0	
	4.4	16		14.4			24.2	
	4.6	21		14.6			24.6	
	4.8	23		14.8			24.8	
	5.0	31		15.0			25.0	
6	5.2	21	16	15.2		26	25.2	
	5.4	20		15.4			25.4	
	5.6	21		15.6			25.6	
	5.8	26		15.8			25.8	
	6.0	29		16.0			26.0	
7	6.2	28	17	16.2		27	26.2	
	6.4	21		16.4			26.4	
	6.6	20		16.6			26.6	
	6.8	9		16.8			26.8	
	7.0	8		17.0			27.0	
8	7.2	7	18	17.2		28	27.2	
	7.4	8		17.4			27.4	
	7.6	7		17.6			27.6	
	7.8	7		17.8			27.8	
	8.0	8		18.0			28.0	
9	8.2	9	19	18.2		29	28.2	
	8.4	13		18.4			28.4	
	8.6	12		18.6			28.6	
	8.8	12		18.8			28.8	
	9.0	15		19.0			29.0	
10	9.2	16	20	19.2		30	29.2	
	9.4	19		19.4			29.4	
	9.6	19		19.6			29.6	
	9.8	19		19.8			29.8	
	10.0	18		20.0			30.0	



ALLEGATO 3 – CERTIFICATI PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 1,00-1,60
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Indisturbato
contenitore: Fustella Metallica tipo Shelby
colore secondo Munsell: *7,5 YR 4/3 Brown*

diametro nominale (mm): 85
lunghezza effettiva (cm): 40
classe di qualità: Q5

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua	X	Triassiale U.U.		Edometria	X
massa volumica naturale	X	Triassiale C.I.U	X	cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani	X	Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto	X	Tagl. Anulare	
Sedimentazione	x	Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo di limo sabbioso , umido al tatto, bassa plasticità, molto consistente.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*
10	450	430	trx3
20	400	320	trx1-trx2
30	360	270	tg3-edo
40	0	0	tg1-tg2

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S1 CI1
Sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

ALTO → BASSO

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITA': Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: CI1
PROFONDITA' (m): 1,00-1,60
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

PESO DI VOLUME (UNI CEN ISO/TS 17892-2 - metodo A)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 04/04/2025
Data di esecuzione prove: 07/04/2025

volume (cm^3)	*peso umido (g)*	*test eseguito*	*posizione*
72,00	147,55	provino 1	superiore
72,00	147,07	provino 2	centrale
72,00	140,54	provino 3	inferiore

Peso di volume: ρ 2,01 Mg/m^3
(medio, in condizioni di umidità naturale)

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITA': Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: CI1
PROFONDITA' (m): 1,00-1,60
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

UMIDITA' NATURALE (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 04/04/2025
Data di esecuzione prove: 07/04/2025

peso umido (g)	*peso secco (g)*	*test eseguito*	*posizione*
45,58	39,32	provino 1	superiore
32,68	28,79	provino 2	centrale
42,49	37,99	provino 3	inferiore

Umidità allo stato naturale: **W** 13,76 %

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITA': Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: CI1
PROFONDITA' (m): 1,00-1,60
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

PESO DI VOLUME REALE DEI GRANI (ASTM D854)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 04/04/2025
Data di esecuzione prove: 07/04/2025

	misura I	misura II
picnometro n°	2	5
massa campione (g)	27,06	24,30
massa picnometro + acqua + campione (g)	194,77	193,62
massa picnometro + acqua (g)	178,06	177,94
temperatura (°C)	20,2	20,2
ρ_r *calcolato (Mg/m^3)*	2,610	2,814

peso di volume reale dei granuli: ρ_r 2,71 Mg/m^3

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 1,00-1,60
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

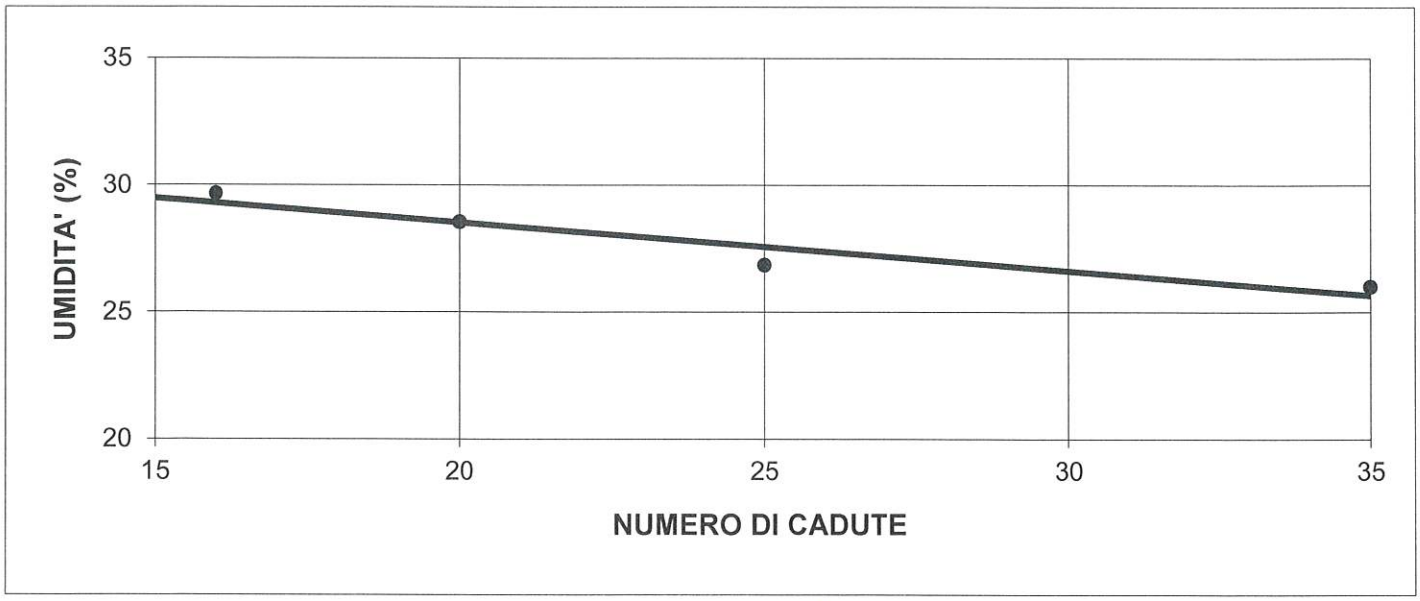
data di esecuzione: 15/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*
16	10,62	8,19	29,67	2,96	2,48	19,35
20	10,49	8,16	28,55	2,37	1,99	19,10
25	12,09	9,53	26,86			
35	10,95	8,69	26,01			

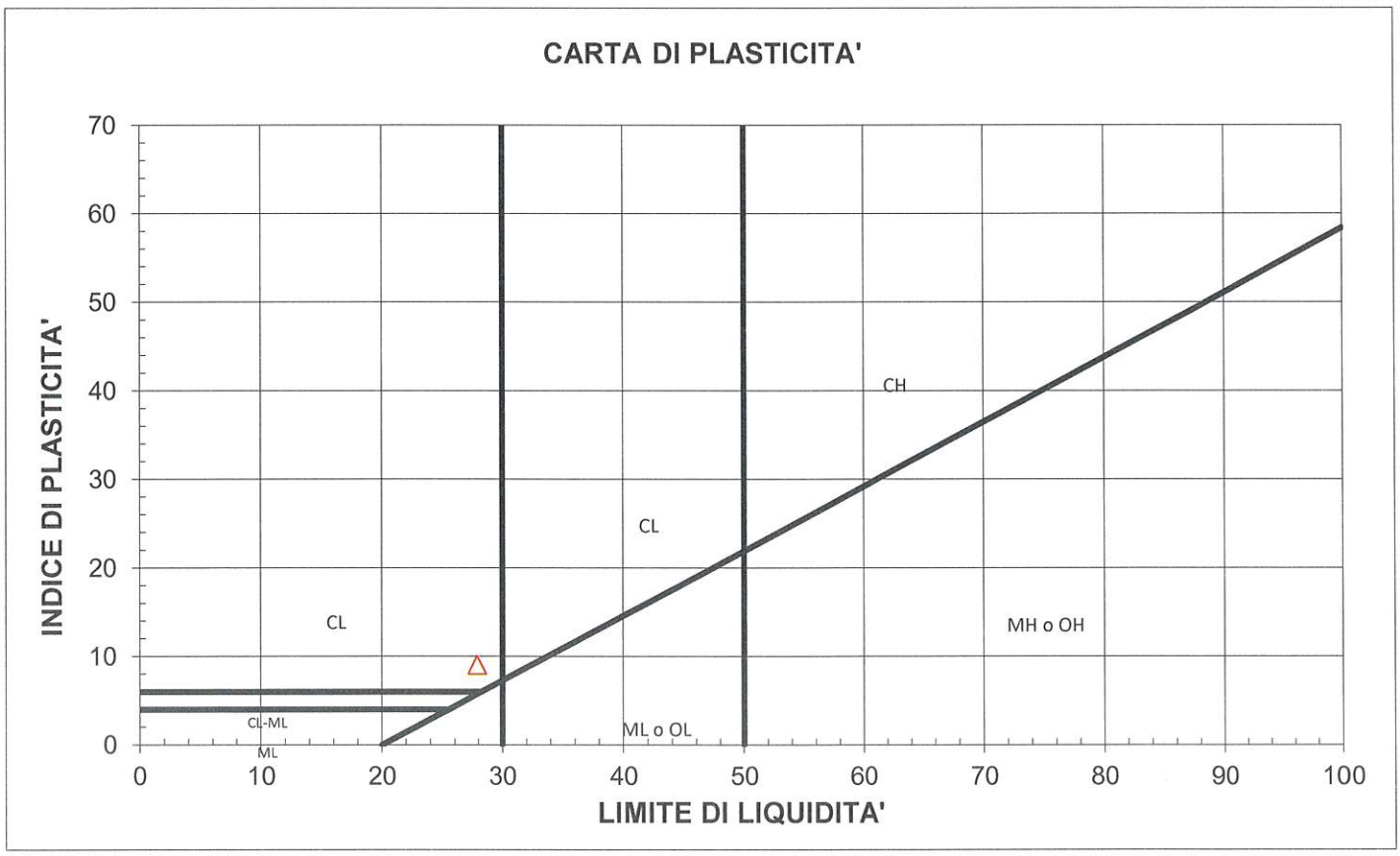
limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**WI**	28	%
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**	19	%
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**	9	



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli



M = limi inorganici
C = argille inorganiche
O = limi e argille organiche

L = basso limite di liquidità
H = alto limite di liquidità

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 1,00-1,60
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 15/04/2025

massa terreno setacciato (g): 447,22

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
38,1	0,00	447,22	100,00
25,4	33,30	413,92	92,55
19,05	44,29	402,93	90,10
12,7	63,69	383,53	85,76
9,5	81,18	366,04	81,85
4,75	112,99	334,23	74,74
2	143,94	303,28	67,81
1	168,80	278,42	62,26
0,425	226,38	220,84	49,38
0,25	277,27	169,95	38,00
0,125	304,96	142,26	31,81
0,075	321,76	125,46	28,05

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 15/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0
densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 31,15

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*
30	0,065	27	26,98
60	0,046	26	25,77
120	0,033	25	24,57
300	0,021	23,5	22,76
600	0,015	22	20,95
1200	0,011	21	19,75
2400	0,008	20	18,54
4800	0,005	18,5	16,74
14400	0,003	17	14,93
86400	0,001	15,5	13,12

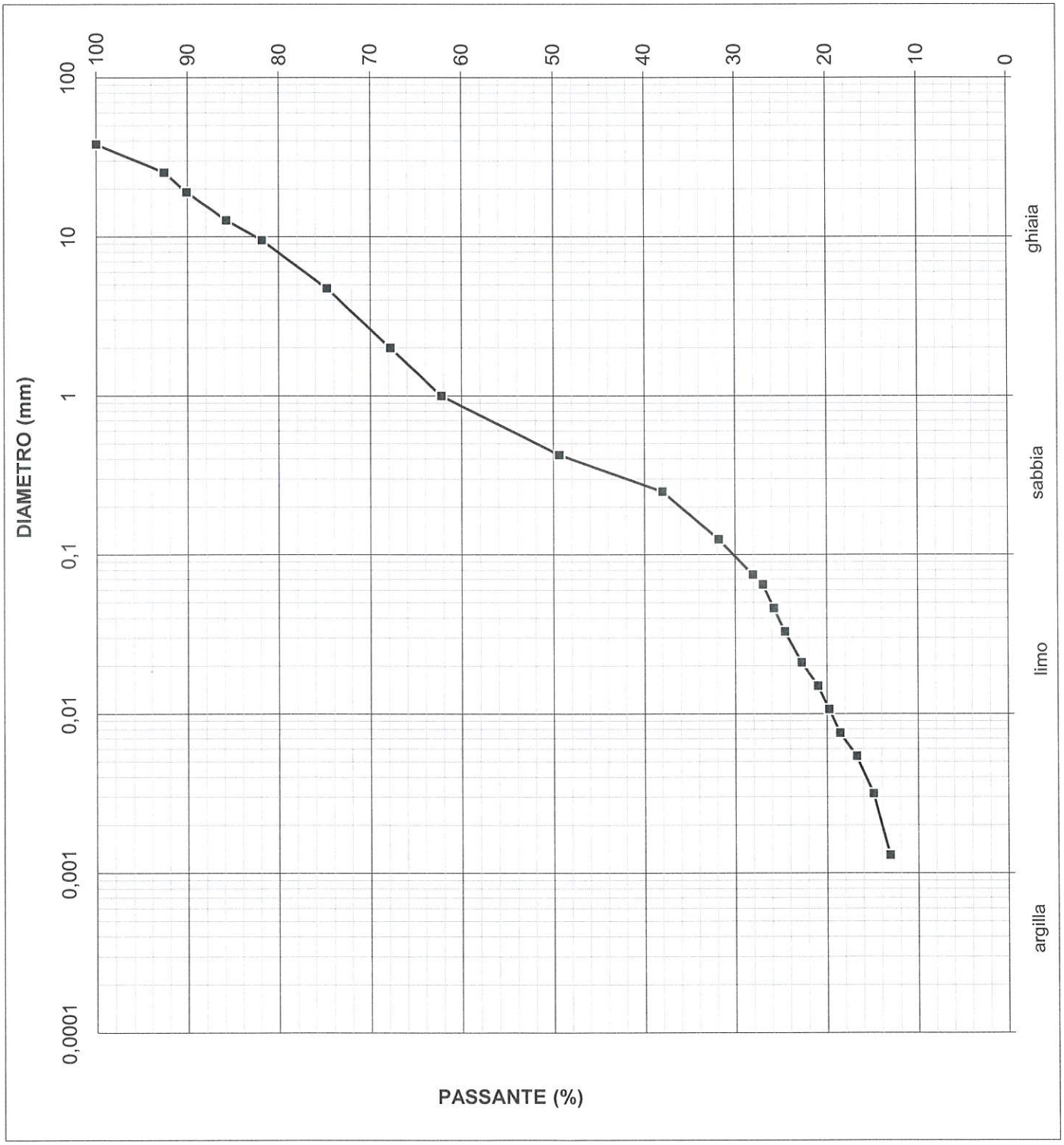
**correzioni applicate:*

$C_m = 0,5$
$C_d = 5$
$C_t = 0,9$

composizione granulometrica	
% ghiaia	25,3
% sabbia	46,7
% limo	11,6
% argilla	16,5

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S1 CI1
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025
Data esecuzione prove: 15/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 1,00-1,60
Tipo Campione: Indisturbati 24/03/2025

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATO DRENATO (ASTM D3080-04)

CARATTERISTICHE DEI PROVINI

	sezione (cm^2)	*altezza iniziale* (cm)	*massa iniziale* (g)	*umidità iniziale* (%)	*altezza finale* (cm)	*umidità finale* (%)
provino 1	36,00	2,00	147,55	15,92	1,89	13,88
provino 2	36,00	2,00	147,07	13,51	1,84	12,07
provino 3	36,00	2,00	138,94	11,85	1,82	13,31

DATI DI PROVA: FASE DI ROTTURA

provino 1

carico verticale applicato: 100 kPa
velocità di deformazione: 1,75E-01 µm/s

nota: gli sforzi di taglio sono calcolati tenendo conto della riduzione di area dei provini.

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
0,000	0,000			1,59	-0,290	164	46,8
		1	0,3	1,69	-0,310	172	49,2
	-0,010	5	0,3	1,80	-0,330	175	50,1
0,010	-0,010	5	1,4	1,90	-0,340	181	51,9
0,010	-0,010	8	1,4	2,00	-0,360	186	53,4
0,010	-0,020	16	2,2	2,12	-0,370	184	53,0
0,090	-0,020	14	4,4	2,21	-0,380	189	54,5
0,170	-0,020	14	3,9	2,32	-0,390	185	53,5
0,250	-0,020	14	3,9	2,42	-0,410	185	53,5
0,350	-0,020	14	3,9	2,53	-0,420	188	54,5
0,450	-0,020	16	3,9	2,63	-0,420	188	54,6
0,530	-0,020	20	4,5	2,72	-0,430	191	55,6
0,600	-0,020	30	5,6	2,82	-0,430	197	57,4
0,690	-0,040	69	8,4	2,92	-0,440	200	58,4
0,790	-0,070	92	19,4	3,01	-0,440	209	61,1
0,870	-0,100	100	25,9	3,10	-0,440	211	61,8
0,970	-0,130	119	28,2	3,20	-0,450	216	63,4
1,070	-0,160	129	33,6	3,29	-0,450	222	65,2
1,170	-0,190	139	36,5	3,38	-0,450	223	65,6
1,270	-0,210	145	39,4	3,47	-0,450	234	69,0
1,370	-0,240	153	41,1	3,56	-0,450	236	69,7
1,480	-0,260	163	43,5	3,66	-0,450	234	69,2
1,590	-0,290	164	46,4	3,75	-0,450	241	71,4

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S1 CI1**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
3,840	-0,450	245	72,7	5,15	-0,450	284	86,3
3,930	-0,450	249	74,0	5,23	-0,450	284	86,4
4,010	-0,450	251	74,7	5,31	-0,450	290	88,4
4,100	-0,450	254	75,7	5,37	-0,450	286	87,3
4,180	-0,460	259	77,3	5,45	-0,440	291	88,9
4,260	-0,450	261	78,0	5,54	-0,440	290	88,8
4,340	-0,460	263	78,8	5,62	-0,440	292	89,5
4,410	-0,450	267	80,1	5,70	-0,440	293	89,9
4,490	-0,450	268	80,5	5,77	-0,440	293	90,0
4,560	-0,460	265	79,7	5,84	-0,430	296	91,1
4,640	-0,460	273	82,2	5,91	-0,430	294	90,6
4,700	-0,450	270	81,4	5,99	-0,430	294	90,7
4,770	-0,450	276	83,3	6,05	-0,430	298	92,1
4,850	-0,450	276	83,4	6,13	-0,420	300	92,8
4,920	-0,450	279	84,4	6,19	-0,420	301	93,2
5,000	-0,450	281	85,2	6,27	-0,420	304	94,3
5,080	-0,450	285	86,5	6,35	-0,410	302	93,8

provino 2

carico verticale applicato: 200 kPa
velocità di deformazione: 9,52E-02 µm/s

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
0,000	0,000			0,95	-0,310	291	82,1
0,043		-11	-3,1	1,01	-0,319	300	84,8
0,045	-0,007	-8	-2,2	1,07	-0,328	313	88,5
0,122	-0,012	5	1,4	1,13	-0,351	319	90,3
0,210	-0,020	5	1,4	1,18	-0,359	335	94,9
0,277	-0,027	10	2,8	1,24	-0,368	345	97,9
0,290	-0,033	16	4,5	1,30	-0,374	352	99,9
0,293	-0,040	40	11,2	1,37	-0,381	357	101,5
0,294	-0,047	57	15,9	1,43	-0,387	365	103,9
0,289	-0,056	69	19,3	1,49	-0,394	372	106,0
0,287	-0,066	85	23,7	1,56	-0,400	381	108,7
0,283	-0,095	91	25,4	1,62	-0,402	391	111,6
0,305	-0,105	115	32,1	1,67	-0,419	399	114,0
0,340	-0,125	136	38,0	1,74	-0,424	401	114,7
0,387	-0,147	152	42,5	1,81	-0,431	407	116,6
0,439	-0,164	171	47,9	1,87	-0,435	418	119,8
0,496	-0,186	183	51,3	1,93	-0,439	422	121,1
0,553	-0,200	199	55,8	2,00	-0,444	424	121,8
0,612	-0,224	209	58,7	2,07	-0,447	431	124,0
0,666	-0,238	229	64,3	2,13	-0,450	436	125,6
0,728	-0,253	240	67,5	2,19	-0,453	442	127,4
0,790	-0,276	252	70,9	2,26	-0,456	446	128,7
0,846	-0,289	268	75,5	2,33	-0,459	449	129,8
0,898	-0,300	279	78,7	2,39	-0,460	453	131,1

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S1 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
2,454	-0,477	460	133,2	3,57	-0,490	509,0	150,3
2,514	-0,479	468	135,7	3,63	-0,491	509,0	150,5
2,576	-0,479	475	137,9	3,69	-0,490	513,0	151,8
2,650	-0,479	476	138,3	3,76	-0,489	516,0	152,9
2,725	-0,484	479	139,4	3,83	-0,487	517,0	153,4
2,797	-0,486	481	140,1	3,91	-0,487	516,0	153,3
2,869	-0,486	481	140,3	3,98	-0,488	520,0	154,7
2,942	-0,488	486	142,0	4,05	-0,488	523,0	155,8
3,012	-0,489	488	142,7	4,13	-0,488	524,0	156,3
3,084	-0,489	491	143,8	4,20	-0,488	526,0	157,1
3,151	-0,490	497	145,7	4,27	-0,488	528,0	157,9
3,217	-0,490	500	146,8	4,35	-0,487	530,0	158,7
3,285	-0,491	503	147,8	4,42	-0,487	529,0	158,6
3,359	-0,490	504	148,3	4,50	-0,488	528,0	158,6
3,427	-0,491	509	150,0	4,58	-0,487	534,0	160,6
3,501	-0,490	509	150,2	4,65	-0,486	536,0	161,4

provino 3

carico verticale applicato: 300 kPa
velocità di deformazione: 1,28E-01 µm/s

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
0,000	0,000			1,55	-0,290	475	135,4
0,040		7	1,9	1,62	-0,300	484	138,2
0,040	-0,020	65	18,1	1,70	-0,300	493	140,9
0,040	-0,030	97	27,0	1,78	-0,310	502	143,7
0,040	-0,050	124	34,5	1,86	-0,320	512	146,8
0,040	-0,060	140	38,9	1,94	-0,330	520	149,3
0,110	-0,070	179	49,8	2,02	-0,340	526	151,2
0,180	-0,080	209	58,2	2,10	-0,340	534	153,7
0,250	-0,090	230	64,2	2,17	-0,350	540	155,6
0,320	-0,100	256	71,5	2,25	-0,350	543	156,7
0,400	-0,110	275	76,9	2,33	-0,360	545	157,5
0,480	-0,120	292	81,8	2,41	-0,360	551	159,5
0,550	-0,140	311	87,2	2,49	-0,370	559	162,0
0,620	-0,150	317	89,0	2,57	-0,380	565	164,0
0,700	-0,160	337	94,7	2,65	-0,380	567	164,8
0,780	-0,180	344	96,8	2,73	-0,380	570	165,9
0,860	-0,190	363	102,3	2,81	-0,390	572	166,7
0,940	-0,210	378	106,7	2,89	-0,390	577	168,4
1,010	-0,220	394	111,3	2,96	-0,390	576	168,3
1,090	-0,230	406	114,9	3,04	-0,400	577	168,8
1,160	-0,240	425	120,4	3,12	-0,400	581	170,2
1,240	-0,250	439	124,5	3,21	-0,400	585	171,7
1,310	-0,260	452	128,4	3,28	-0,410	590	173,4
1,390	-0,270	453	128,8	3,36	-0,410	592	174,2
1,470	-0,280	465	132,4	3,44	-0,410	591	174,2

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S1 CI1**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

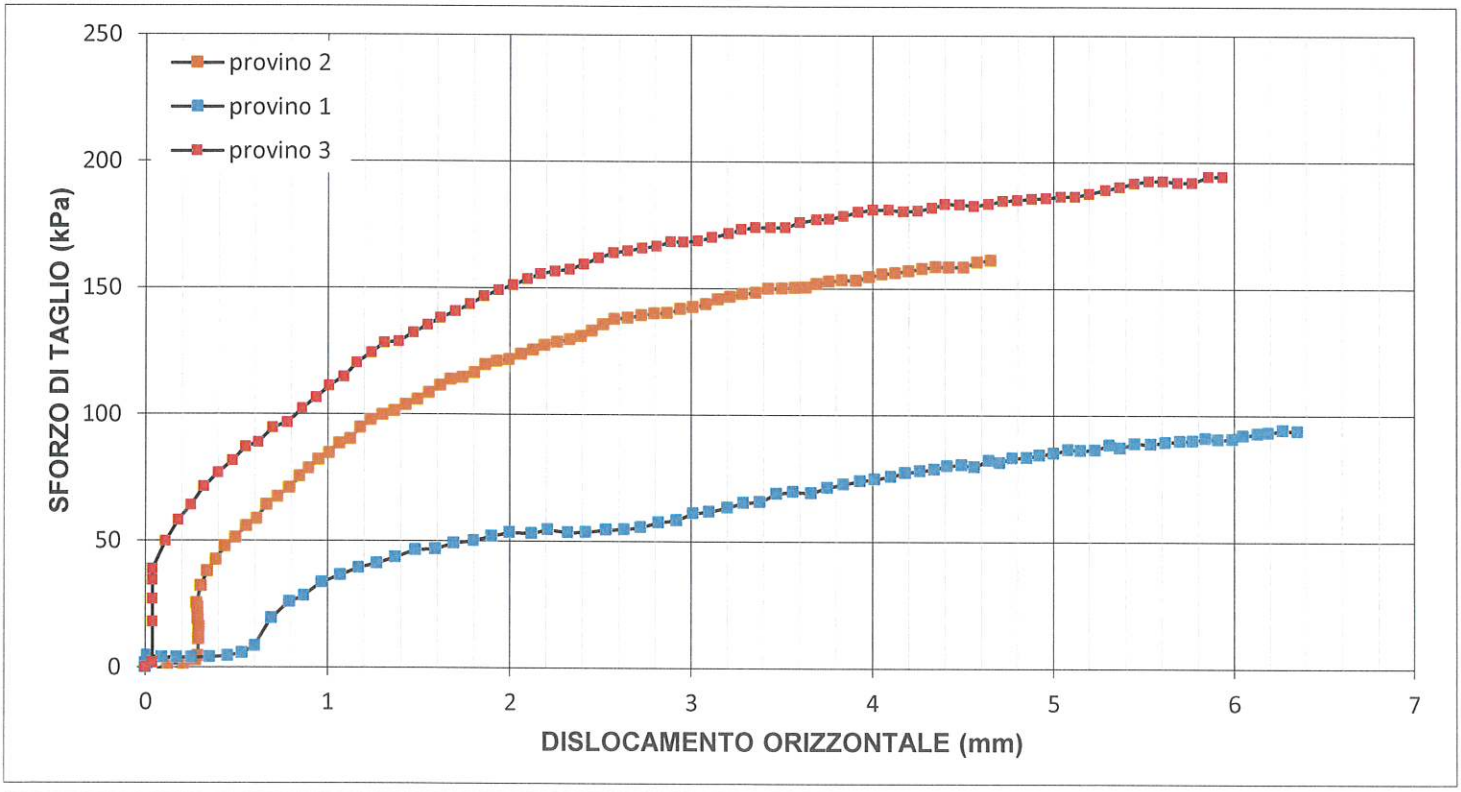
dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
3,520	-0,410	590	174,1	4,72	-0,460	613	184,8
3,600	-0,430	596	176,1	4,80	-0,460	613	185,1
3,690	-0,430	599	177,3	4,88	-0,460	614	185,7
3,760	-0,430	599	177,5	4,96	-0,460	614	185,9
3,840	-0,430	602	178,7	5,04	-0,460	615	186,5
3,920	-0,440	607	180,4	5,12	-0,460	614	186,5
4,000	-0,440	609	181,3	5,20	-0,460	617	187,7
4,090	-0,440	608	181,2	5,29	-0,460	621	189,2
4,170	-0,440	605	180,6	5,37	-0,460	624	190,4
4,250	-0,440	605	180,9	5,45	-0,460	628	191,9
4,330	-0,450	608	182,0	5,53	-0,470	630	192,8
4,400	-0,450	612	183,5	5,61	-0,470	629	192,7
4,480	-0,450	611	183,4	5,69	-0,470	626	192,1
4,560	-0,450	608	182,8	5,77	-0,470	625	192,1
4,640	-0,450	610	183,6	5,86	-0,480	632	194,6

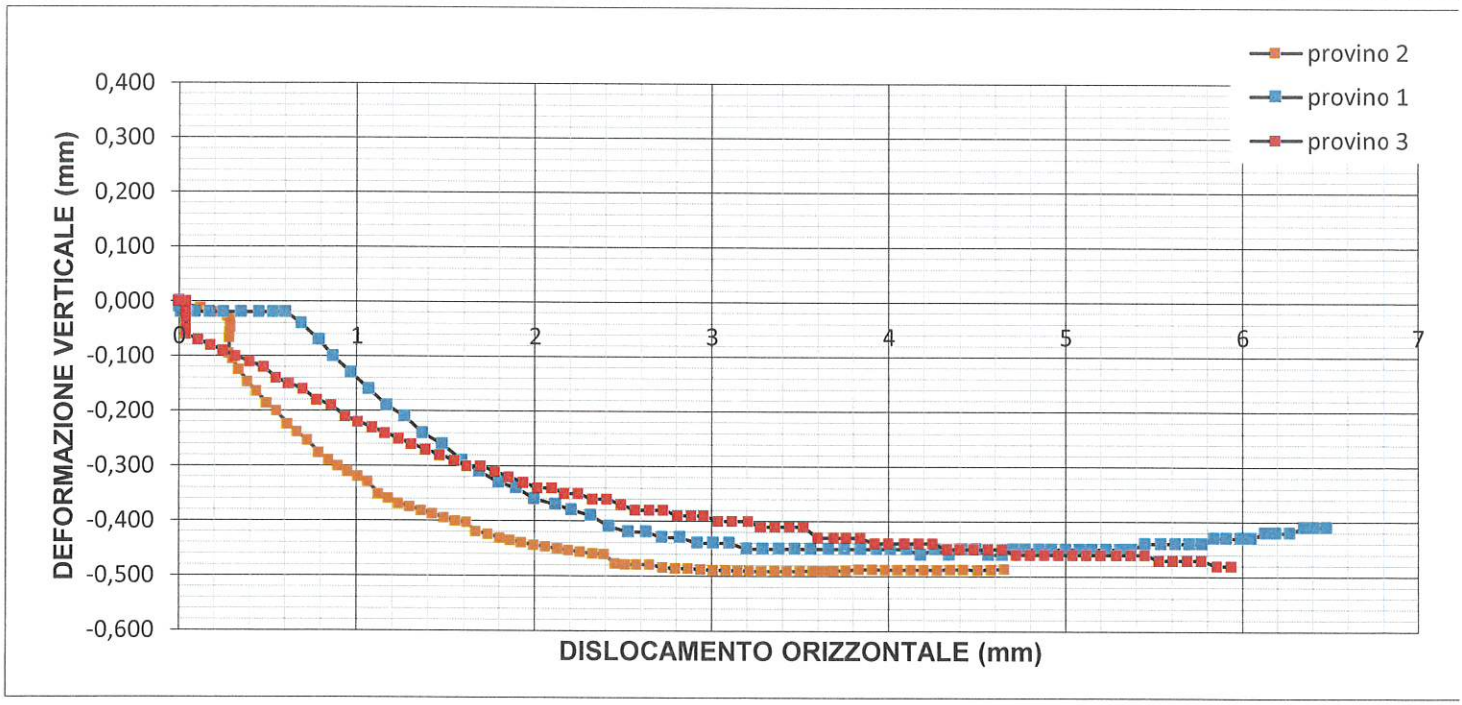
commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S1 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

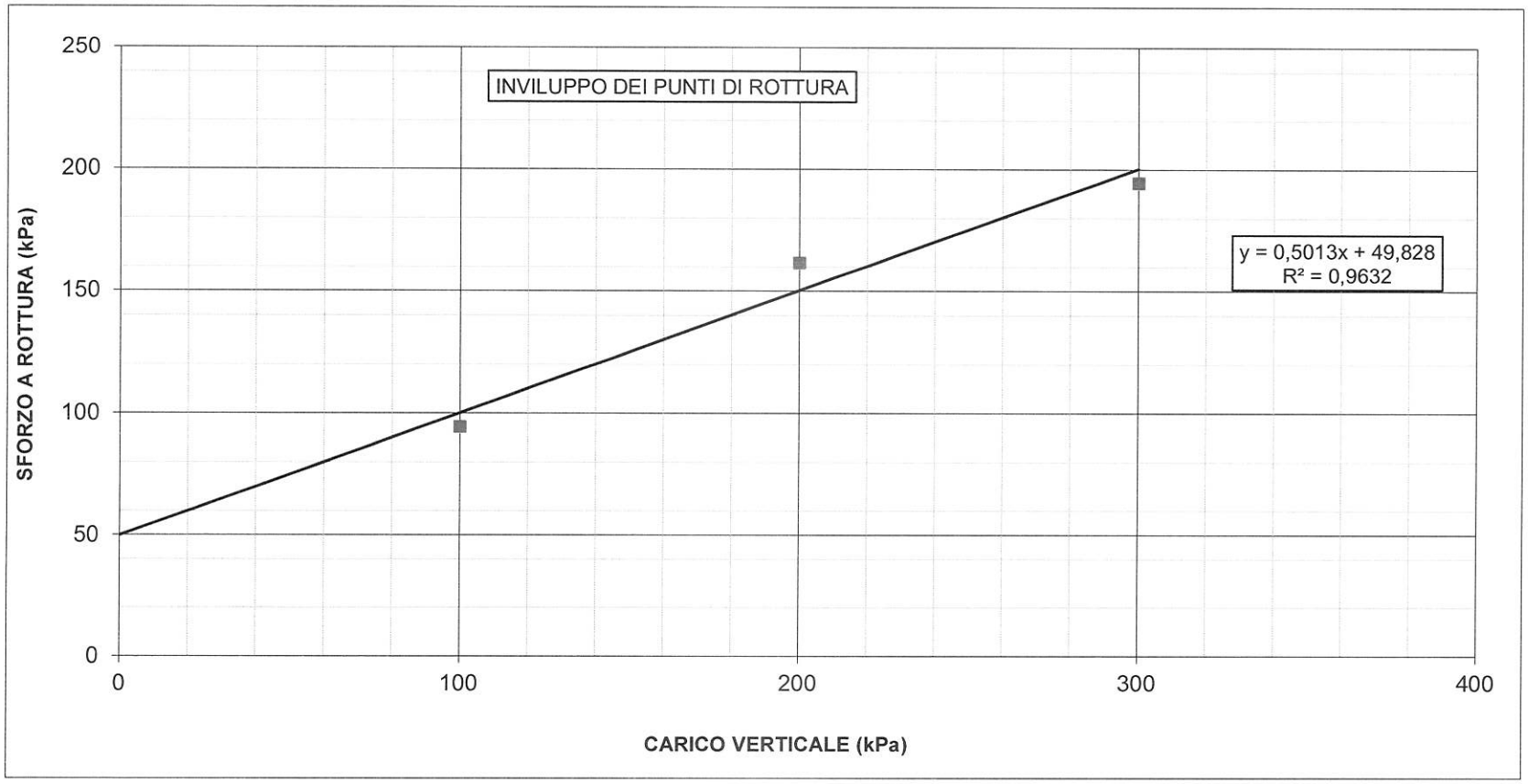
Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091





commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

certificato di prova n° 502/25 Del 23/04/2025 - proposta di interpretazione



CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: CI1

provino	1	2	3
carico verticale (kPa)	100	200	300
sforzo di taglio (kPa)	94,3	161,4	194,6

c' (kPa) = 49,8

ϕ' (° sessadecimali) = 26,6

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 1,00-1,60
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CONSOLIDATA ISOTROPICAMENTE NON DRENATA (UNI CEN ISO/TS 17892/9)

CARATTERISTICHE DEI PROVINI

	sezione (cm^2)	*altezza iniziale* (cm)	*massa iniziale* (g)	*umidità iniziale* (%)
provino 1	11,34	7,60	178,31	12,51
provino 2	11,34	7,60	177,91	14,20
provino 3	11,34	7,60	178,74	13,22

	altezza finale (cm)	*massa finale* (g)	*volume finale* (cm^3)	*umidità finale* (%)
provino 1	6,58	175,89	85,54	20,51
provino 2	6,58	174,89	85,47	19,48
provino 3	6,57	173,24	85,38	18,37

SIMBOLOGIA ADOTTATA

σ_1 = pressione assiale
σ'_1 = pressione assiale efficace
BP = contropressione
B = parametro di Skempton
dH = deformazione assiale
A_c = area corretta
σ_3 = pressione di confinamento
σ'_3 = pressione di confinamento efficace
dU = variazione di pressione interstiziale
dF = variazione di forza assiale
ΔV = variazione di volume

DATI DI PROVA: FASE DI SATURAZIONE

provino 1 *data di esecuzione:* 15/04/2025

σ_3 *iniziale (kPa)*	σ_3 *finale (kPa)*	*BP (kPa)*	*dU iniziale (kPa)*	*dU finale (kPa)*	*B*
0	50	0	0,0	31,2	0,625
50	50	45	31,2	53,3	
50	100	45	53,3	85,1	0,637
100	100	95	85,1	111,3	
100	150	95	111,3	160,3	0,981
150	195	95	160,3	204,1	0,973

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S1 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

provino 2 *data di esecuzione:* 15/04/2025

σ_3 iniziale (kPa)	σ_3 finale (kPa)	BP (kPa)	dU iniziale (kPa)	dU finale (kPa)	B
0	50	0	0,0	33,4	0,669
50	50	45	33,4	55,2	
50	100	45	55,2	887,5	16,645
100	100	95	887,5	118,4	
100	150	95	118,4	167,6	0,983
150	295	95	167,6	309,7	0,980

provino 3 *data di esecuzione:* 15/04/2025

σ_3 iniziale (kPa)	σ_3 finale (kPa)	BP (kPa)	dU iniziale (kPa)	dU finale (kPa)	B
0	50	0	0,0	34,5	0,690
50	50	45	34,5	56,1	
50	100	45	56,1	88,4	0,646
100	100	95	88,4	119,4	
100	150	95	119,4	168,5	0,982
150	395	95	168,5	406,7	0,972

DATI DI PROVA: FASE DI CONSOLIDAZIONE

provino 1 *pressione di confinamento:* 195 kPa
data di esecuzione: 16-17/04/2025 *contropressione:* 95 kPa

tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)
0	0,00	60	0,23	900	0,41	14400	0,58
6	0,05	120	0,27	1800	0,47	28800	0,60
15	0,11	240	0,32	3600	0,51	86400	0,62
30	0,18	480	0,36	7200	0,55	172800	0,64

provino 2 *pressione di confinamento:* 295 kPa
data di esecuzione: 16-17/04/2025 *contropressione:* 95 kPa

tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)
0	0,00	60	0,27	900	0,49	14400	0,63
6	0,08	120	0,33	1800	0,53	28800	0,66
15	0,13	240	0,39	3600	0,57	86400	0,69
30	0,20	480	0,44	7200	0,60	172800	0,71

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S1 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri **il direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

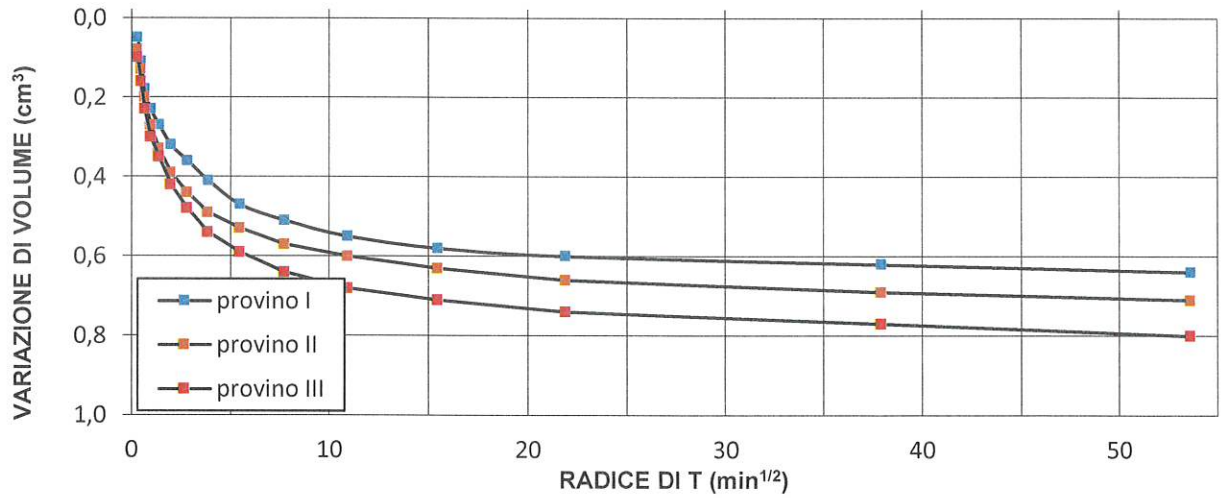
CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

provino 3 — *pressione di confinamento:* 395 kPa
data di esecuzione: 16-17/04/2025 — *contropressione:* 95 kPa

tempo (s)	*Δ V (cm³)*	*tempo (s)*	*Δ V (cm³)*	*tempo (s)*	*Δ V (cm³)*	*tempo (s)*	*Δ V (cm³)*
0	0,00	60	0,30	900	0,54	14400	0,71
6	0,10	120	0,35	1800	0,59	28800	0,74
15	0,16	240	0,42	3600	0,64	86400	0,77
30	0,23	480	0,48	7200	0,68	172800	0,80

CURVE DI CONSOLIDAZIONE



commessa: 030/25 — **settore:** 04 — **id. campione:** S1 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

DATI DI PROVA: FASE DI ROTTURA

provino 1			*velocità di deformazione:*	8,3	µm/s
data di esecuzione:	17/04/2025		*pressione di confinamento:*	195	kPa
altezza iniziale:	75,81	mm	*contropressione:*	95	kPa

dH (mm)	*dH (%)*	*A_c (cm^2)*	*dF (N)*	*$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)*	*dU (kPa)*
0,00	0,00	11,28	0	0,0	0,0
0,14	0,19	11,31	12	5,0	5,5
0,44	0,58	11,35	25	7,8	14,1
0,66	0,88	11,38	52	23,3	22,3
0,80	1,05	11,40	70	31,8	29,7
0,93	1,23	11,42	104	58,5	32,2
1,23	1,63	11,47	146	94,8	32,3
1,39	1,84	11,49	180	125,4	31,5
1,66	2,18	11,54	210	149,4	32,2
1,80	2,38	11,56	239	174,2	32,3
2,01	2,66	11,59	259	191,3	32,3
2,27	2,99	11,63	279	207,2	32,3
2,47	3,25	11,66	298	223,2	32,4
2,66	3,51	11,69	315	237,2	32,5
2,84	3,74	11,72	336	254,5	32,0
3,07	4,05	11,76	352	267,0	32,4
3,25	4,28	11,79	368	279,5	32,9
3,43	4,53	11,82	383	291,7	32,7
3,63	4,79	11,85	397	303,3	32,1
3,78	4,99	11,88	403	306,9	32,3
4,06	5,36	11,92	416	315,7	33,0
4,24	5,59	11,95	423	321,3	33,0
4,50	5,94	12,00	429	325,2	32,2
4,63	6,11	12,02	432	327,0	32,4
4,86	6,41	12,06	434	327,8	32,3
5,08	6,71	12,09	436	328,3	32,4
5,26	6,94	12,13	438	329,6	32,1
5,51	7,27	12,17	440	328,9	32,3
5,72	7,54	12,20	440	328,0	32,2
5,88	7,75	12,23	441	328,1	32,2
6,16	8,13	12,28	441	326,5	32,3
6,36	8,39	12,32	442	325,8	32,9
6,58	8,68	12,36	442	324,5	33,0
6,70	8,84	12,38	443	325,5	32,3
7,04	9,28	12,44	443	324,2	31,8
7,18	9,47	12,46	444	323,3	32,9
7,37	9,72	12,50	444	322,7	32,4
7,58	10,00	12,54	445	322,0	32,9
7,76	10,24	12,57	445	321,1	32,8
7,98	10,52	12,61	445	320,7	32,1
8,24	10,87	12,66	444	318,4	32,2
8,42	11,11	12,69	444	316,8	32,9
8,63	11,39	12,73	443	315,1	32,6
8,90	11,74	12,78	443	314,3	32,1

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
9,03	11,92	12,81	442	312,1	32,7
9,28	12,24	12,86	442	311,6	31,9
9,52	12,56	12,90	441	309,0	32,4
9,66	12,74	12,93	440	307,2	32,7
9,85	12,99	12,97	438	306,1	32,0
10,04	13,24	13,01	437	303,2	33,2
10,32	13,62	13,06	436	301,5	32,6
10,48	13,83	13,09	436	300,6	32,6
10,67	14,07	13,13	435	299,0	32,4
10,87	14,33	13,17	435	297,7	32,7
11,17	14,73	13,23	434	296,0	32,0
11,41	15,04	13,28	433	293,8	32,3

provino 2
data di esecuzione: 17/04/2025
altezza iniziale: 75,79 mm

velocità di deformazione: 8,3 µm/s
pressione di confinamento: 295 kPa
contropressione: 95 kPa

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
0,00	0,00	11,28	0	0,0	0,0
0,13	0,17	11,30	16	10,6	3,8
0,45	0,59	11,35	32	21,7	6,2
0,65	0,86	11,38	52	39,5	6,5
0,77	1,02	11,40	86	66,7	8,8
0,95	1,25	11,43	132	104,1	11,3
1,23	1,63	11,47	172	136,9	13,3
1,41	1,85	11,50	211	168,3	15,7
1,62	2,14	11,53	241	191,1	17,9
1,82	2,40	11,56	269	212,9	20,0
2,02	2,66	11,59	300	236,8	21,8
2,30	3,03	11,64	325	255,5	23,6
2,46	3,25	11,66	362	285,0	25,3
2,65	3,50	11,69	397	311,1	28,2
2,86	3,77	11,73	433	339,1	29,9
3,07	4,05	11,76	459	358,5	31,7
3,27	4,31	11,79	494	385,4	33,3
3,40	4,49	11,81	521	404,6	36,4
3,61	4,77	11,85	549	425,7	38,0
3,80	5,02	11,88	573	442,6	40,1
4,06	5,36	11,92	597	459,3	41,7
4,20	5,54	11,95	620	474,9	44,3
4,52	5,97	12,00	640	487,0	46,2
4,66	6,14	12,02	659	500,0	48,6
4,87	6,42	12,06	682	516,0	49,9
5,09	6,71	12,10	701	527,4	52,1
5,30	6,99	12,13	722	540,7	54,1
5,51	7,27	12,17	741	552,3	56,8
5,74	7,57	12,21	760	564,2	58,1
5,85	7,72	12,23	778	576,2	60,2
6,15	8,12	12,28	794	583,1	63,1
6,36	8,38	12,32	809	597,6	59,1

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
6,57	8,67	12,35	821	606,7	57,6
6,71	8,85	12,38	829	609,4	60,7
7,04	9,28	12,44	834	611,1	59,3
7,18	9,47	12,46	838	614,2	58,3
7,38	9,73	12,50	843	611,2	62,9
7,55	9,96	12,53	846	612,3	62,7
7,78	10,26	12,57	849	613,9	61,5
7,96	10,50	12,61	851	615,0	60,2
8,27	10,91	12,67	853	613,3	60,6
8,40	11,08	12,69	855	612,6	60,8
8,61	11,36	12,73	856	610,7	61,4
8,89	11,73	12,78	855	606,4	62,1
9,03	11,91	12,81	855	605,7	61,5
9,29	12,25	12,86	853	601,3	62,3
9,49	12,51	12,90	853	598,9	62,8
9,70	12,80	12,94	852	596,3	62,5
9,88	13,03	12,97	852	594,7	62,3
10,02	13,22	13,00	851	592,7	62,0
10,28	13,56	13,05	850	589,3	62,0
10,48	13,82	13,09	849	586,0	62,5
10,68	14,09	13,13	848	583,4	62,2
10,88	14,36	13,18	847	580,6	62,3
11,15	14,71	13,23	846	576,8	62,5

provino 3
data di esecuzione: 17/04/2025
altezza iniziale: 75,76 mm

velocità di deformazione: 8,3 µm/s
pressione di confinamento: 395 kPa
contropressione: 95 kPa

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
0,00	0,00	11,28	0	0,0	0,0
0,13	0,17	11,30	24	15,3	5,7
0,44	0,58	11,35	63	48,4	6,8
0,62	0,81	11,38	94	73,8	8,8
0,78	1,02	11,40	134	103,7	13,8
0,94	1,24	11,43	202	160,3	16,5
1,22	1,61	11,47	254	201,3	20,0
1,38	1,82	11,49	310	247,3	22,4
1,65	2,18	11,53	350	273,6	29,8
1,78	2,34	11,55	404	320,1	29,5
2,03	2,68	11,59	455	358,8	33,3
2,29	3,02	11,63	515	406,3	36,5
2,47	3,26	11,66	558	438,3	40,4
2,64	3,48	11,69	592	462,6	43,7
2,87	3,78	11,73	636	495,4	47,1
3,06	4,04	11,76	676	524,6	50,4
3,27	4,31	11,79	712	551,0	52,6
3,43	4,52	11,82	742	571,3	56,5
3,62	4,77	11,85	771	590,7	60,1
3,80	5,01	11,88	798	609,6	62,3
4,05	5,35	11,92	823	624,5	65,9

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

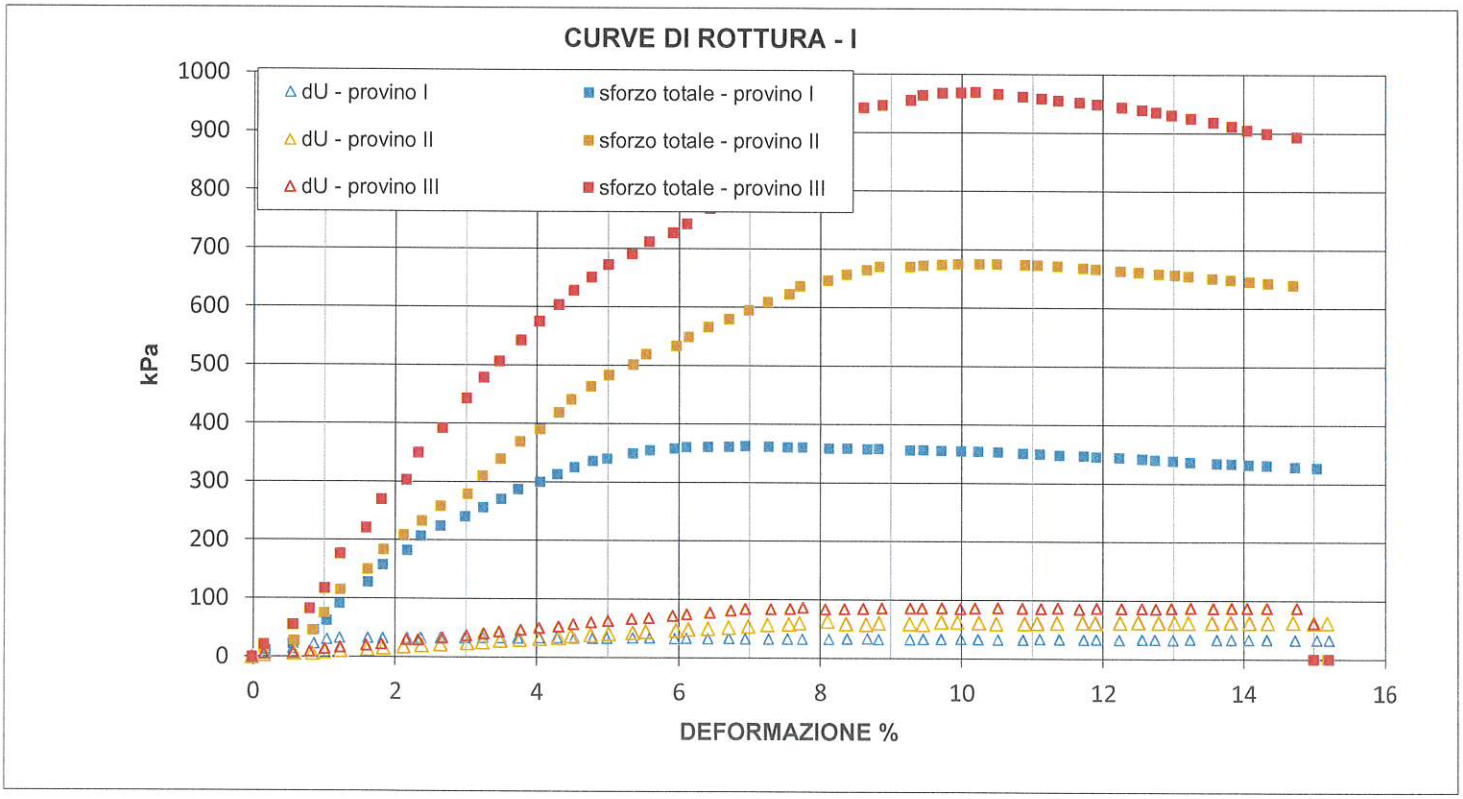
CGG s.r.l.

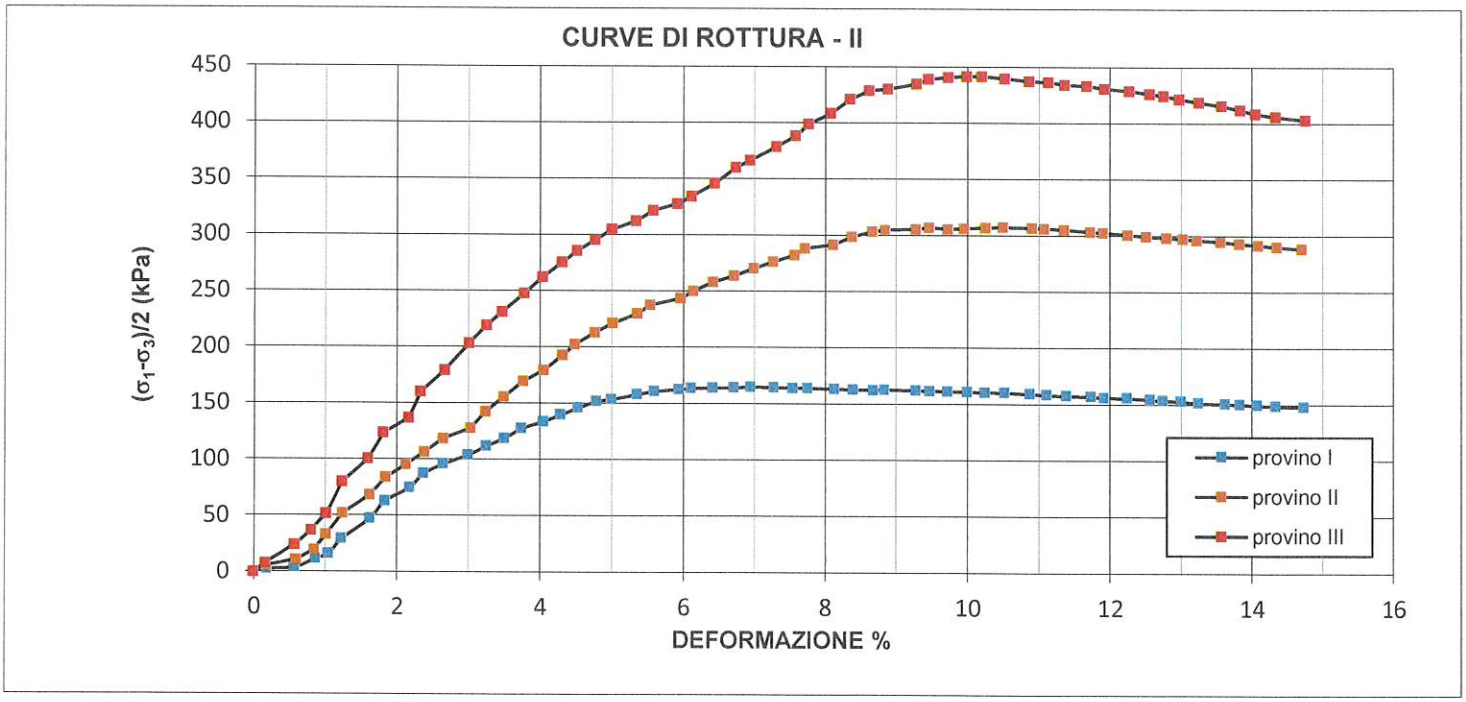
Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
4,23	5,58	11,95	850	643,4	67,8
4,49	5,92	11,99	872	655,3	71,4
4,64	6,12	12,02	892	668,0	74,2
4,89	6,44	12,06	927	691,4	76,9
5,11	6,74	12,10	969	720,0	80,7
5,26	6,94	12,13	989	732,5	83,3
5,54	7,31	12,17	1024	757,3	83,7
5,75	7,59	12,21	1051	776,3	84,3
5,89	7,77	12,23	1081	797,5	86,1
6,13	8,08	12,28	1106	817,2	83,7
6,34	8,36	12,31	1140	841,9	84,3
6,54	8,62	12,35	1163	857,4	84,5
6,74	8,89	12,38	1172	860,4	85,8
7,04	9,29	12,44	1188	869,3	85,7
7,17	9,46	12,46	1201	878,1	85,6
7,38	9,73	12,50	1210	881,4	86,2
7,58	9,99	12,54	1214	883,3	85,0
7,73	10,20	12,57	1218	883,1	86,4
7,98	10,52	12,61	1218	879,2	86,8
8,24	10,87	12,66	1217	874,9	86,5
8,44	11,14	12,70	1217	873,0	85,6
8,62	11,37	12,73	1216	868,6	86,6
8,85	11,68	12,78	1216	866,8	85,1
9,04	11,93	12,81	1215	861,5	86,9
9,31	12,27	12,86	1214	857,5	86,2
9,52	12,56	12,90	1212	852,7	86,4
9,67	12,76	12,93	1210	849,3	86,0
9,84	12,98	12,97	1206	843,6	86,8
10,05	13,25	13,01	1203	837,4	87,5
10,29	13,57	13,06	1199	831,2	87,0
10,49	13,84	13,10	1193	823,8	87,5
10,65	14,05	13,13	1188	817,3	87,6
10,87	14,34	13,17	1185	812,2	87,2
11,19	14,76	13,24	1183	806,2	87,2

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

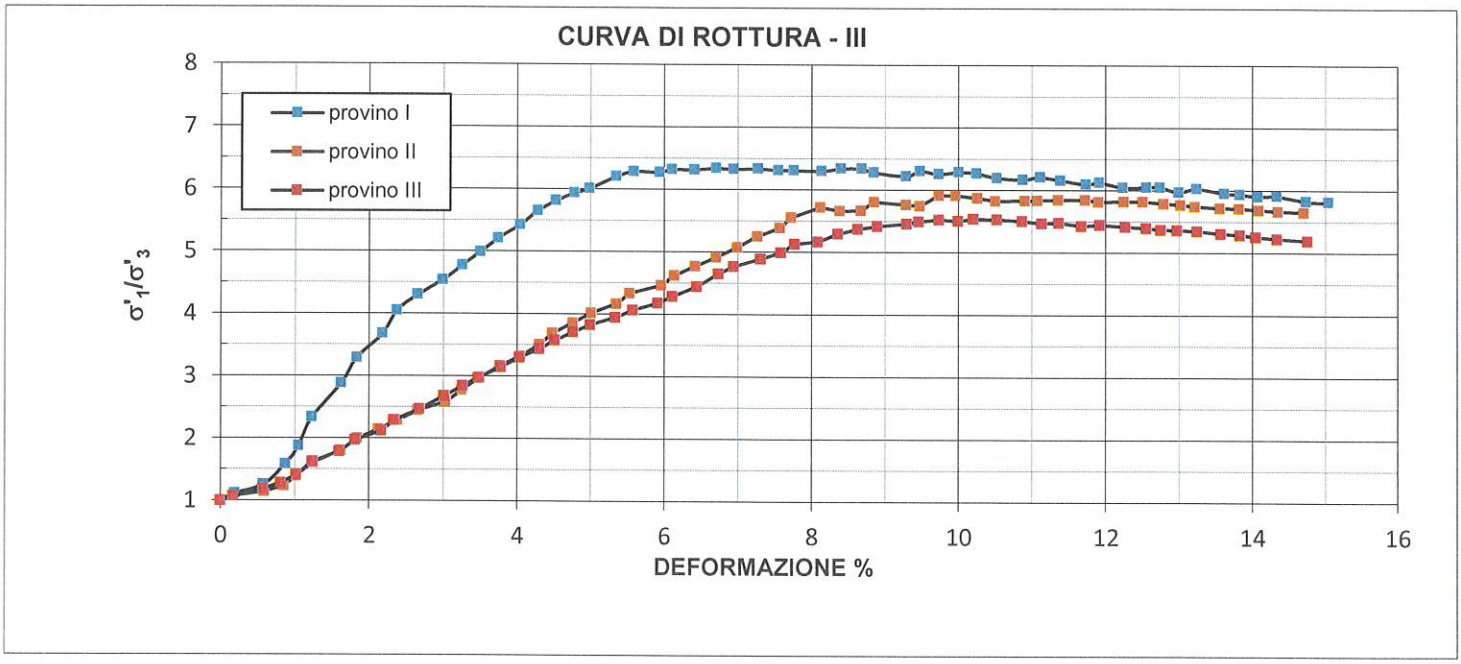




commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

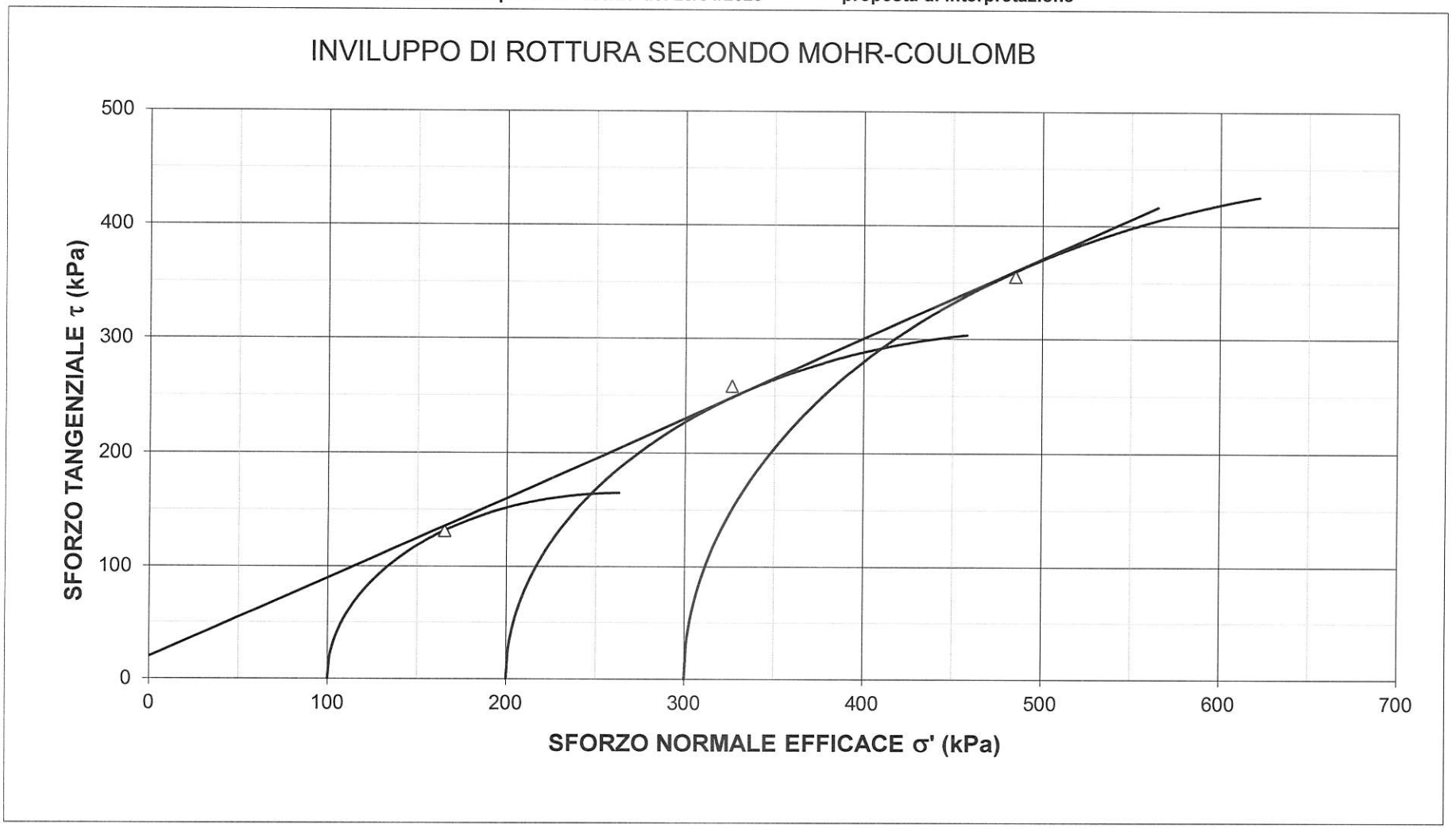
CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

certificato di prova n° 503/25 del 23/04/2025 proposta di interpretazione



commessa: 030/25 **sondaggio:** S1 **campione:** CI1

provino	1	2	3
X	165,2	326,0	485,0
Y	130,5	258,0	355,0

c' (kPa) = 19,3
ϕ' (° sessadecimali) = 35,1

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
LOCALITÀ: Vignate (MI)
Data ricevimento campione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ: 1,00-1,60
Data esecuzione prove: 14/04-30/04/2025

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (ASTM D2435)

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

sezione	2,01	cm^2	*indice dei vuoti iniziale*	-0,863	
altezza iniziale	20,00	mm	*altezza ridotta*	146,089	mm
massa iniziale	86,85	g	*altezza finale*	18,46	mm
umidità iniziale	13,63	%	*umidità finale*	13,95	%
peso specifico dei granuli	2,72	Mg/m^3	*massa secca finale*	79,87	g

DATI DI PROVA

data inizio	*carico (kPa)*	*altezza (mm)*	*dH (mm)*	*indice vuoti*	*dH/H_0 (%)*	*m_v (kPa^{-1})*	*E_{ed} (kPa)*
14/04/2025	5	20,000	0,000	-0,863	0,000		
15/04/2025	12	19,910	0,090	-0,864	0,450	6,338E-04	1,578E+03
16/04/2025	25	19,800	0,200	-0,864	1,000	4,508E-04	2,218E+03
17/04/2025	49	19,690	0,310	-0,865	1,550	2,245E-04	4,455E+03
18/04/2025	98	19,520	0,480	-0,866	2,400	1,735E-04	5,765E+03
19/04/2025	196	19,330	0,670	-0,868	3,350	9,694E-05	1,032E+04
data inizio	*carico (kPa)*	*altezza (mm)*	*dH (mm)*	*indice vuoti*	*dH/H_0 (%)*	*c_s (kPa^{-1})*	*SR (kPa^{-1})*
20/04/2025	98	19,350	0,650	-0,868	3,250	4,548E-04	0,332
21/04/2025	49	19,370	0,630	-0,867	3,150	4,548E-04	0,332
data inizio	*carico (kPa)*	*altezza (mm)*	*dH (mm)*	*indice vuoti*	*dH/H_0 (%)*	*m_v (kPa^{-1})*	*E_{ed} (kPa)*
22/04/2025	98	19,355	0,645	-0,868	3,225	1,531E-05	6,533E+04
23/04/2025	196	19,320	0,680	-0,868	3,400	1,786E-05	5,600E+04
24/04/2025	392	19,070	0,930	-0,869	4,650	6,378E-05	1,568E+04
25/04/2025	784	18,795	1,205	-0,871	6,025	3,508E-05	2,851E+04
26/04/2025	1569	18,470	1,530	-0,874	7,650	2,070E-05	4,831E+04
27/04/2025	3138	18,145	1,855	-0,876	9,275	1,036E-05	9,655E+04
data inizio	*carico (kPa)*	*altezza (mm)*	*dH (mm)*	*indice vuoti*	*dH/H_0 (%)*	*c_s (kPa^{-1})*	*SR (kPa^{-1})*
28/04/2025	784	18,250	1,750	-0,875	8,750	1,193E-03	0,872
29/04/2025	196	18,355	1,645	-0,874	8,225	1,194E-03	0,872
30/04/2025	49	18,460	1,540	-0,874	7,700	1,194E-03	0,872

Commessa: 030/25
ID Campione: S1 CI1
Io sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
Il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA: ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

gradino IX (98-196 kPa)		*gradino X (196-392 kPa)*	
tempo (s)	*dH (mm)*	*tempo (s)*	*dH (mm)*
0	0,645	0	0,680
6	0,658	6	0,817
15	0,660	15	0,824
30	0,661	30	0,832
60	0,662	60	0,840
120	0,664	120	0,851
240	0,667	240	0,865
480	0,670	480	0,878
900	0,672	900	0,891
1800	0,674	1800	0,902
3600	0,676	3600	0,909
7200	0,677	7200	0,916
14400	0,678	14400	0,922
28800	0,679	28800	0,926
86400	0,680	86400	0,930

gradino XI (392-785 kPa)	
tempo (s)	*dH (mm)*
0	0,930
6	1,040
15	1,051
30	1,072
60	1,083
120	1,096
240	1,116
480	1,133
900	1,146
1800	1,159
3600	1,171
7200	1,181
14400	1,189
28800	1,196
86400	1,205

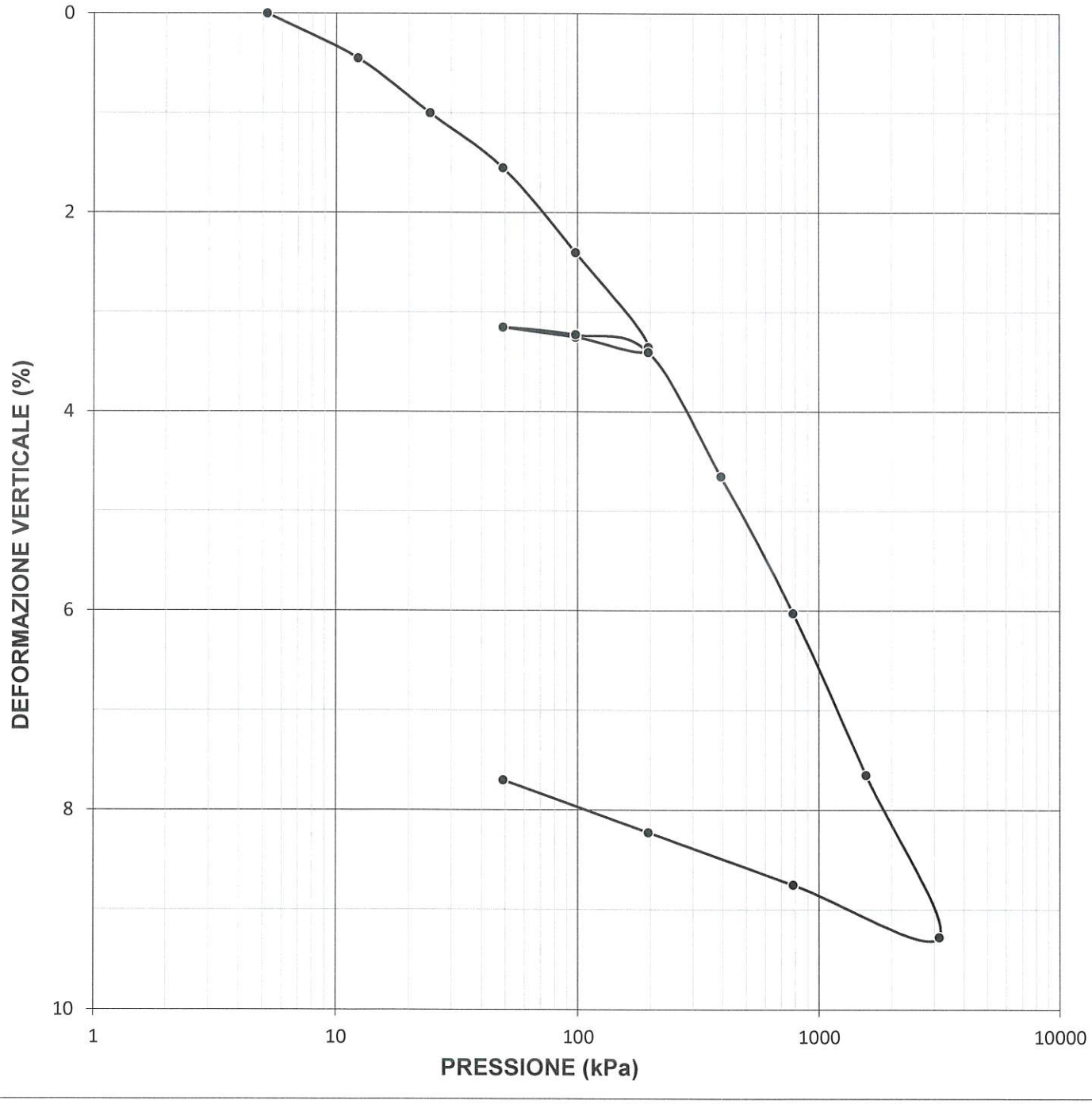
Commessa: 030/25

ID Campione: S1 CI1

Io sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

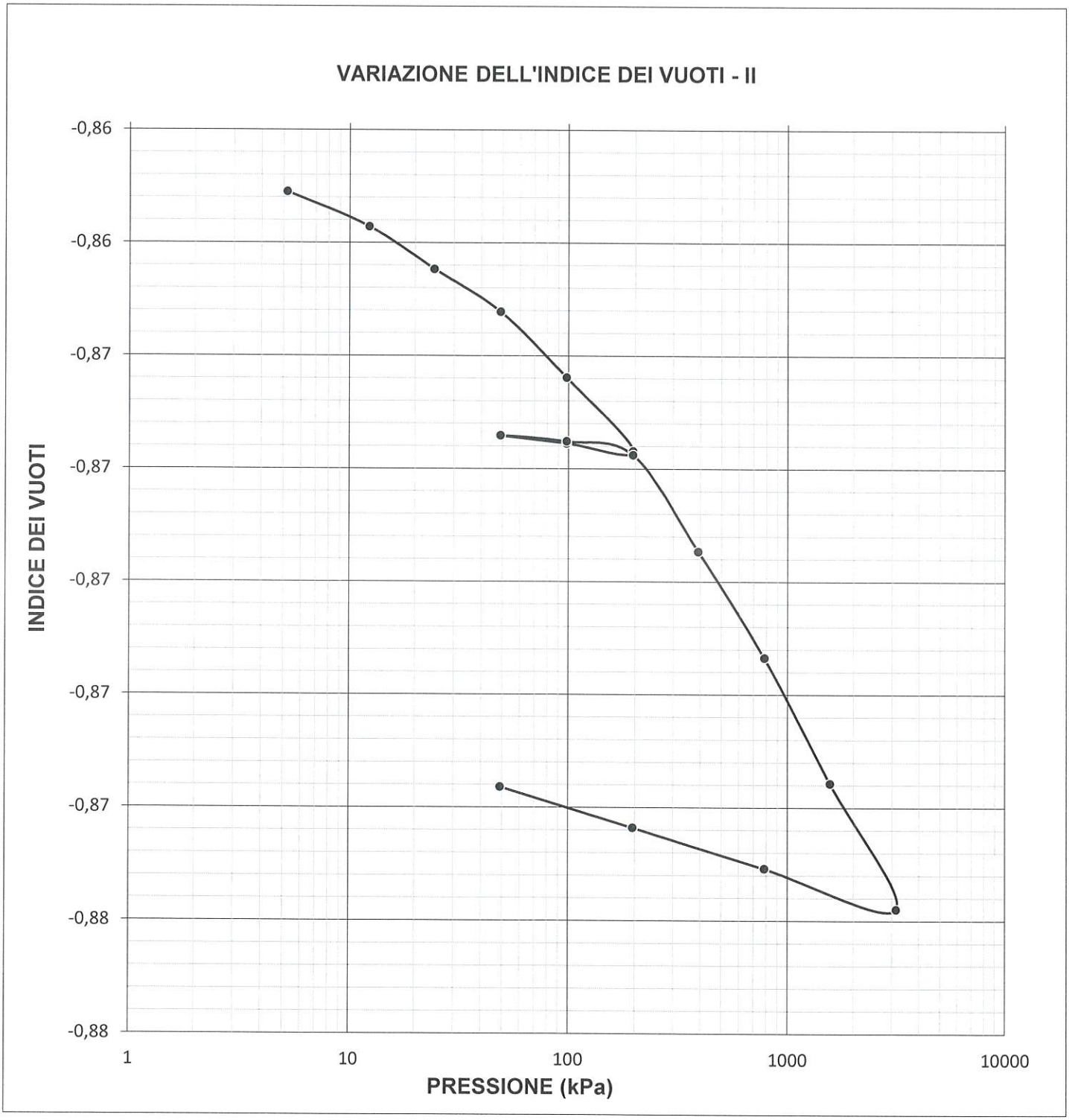
Il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

CURVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA - I



Commessa:	ID Campione:	lo sperimentatore:	il Direttore del Laboratorio:
030/25	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

VARIAZIONE DELL'INDICE DEI VUOTI - II

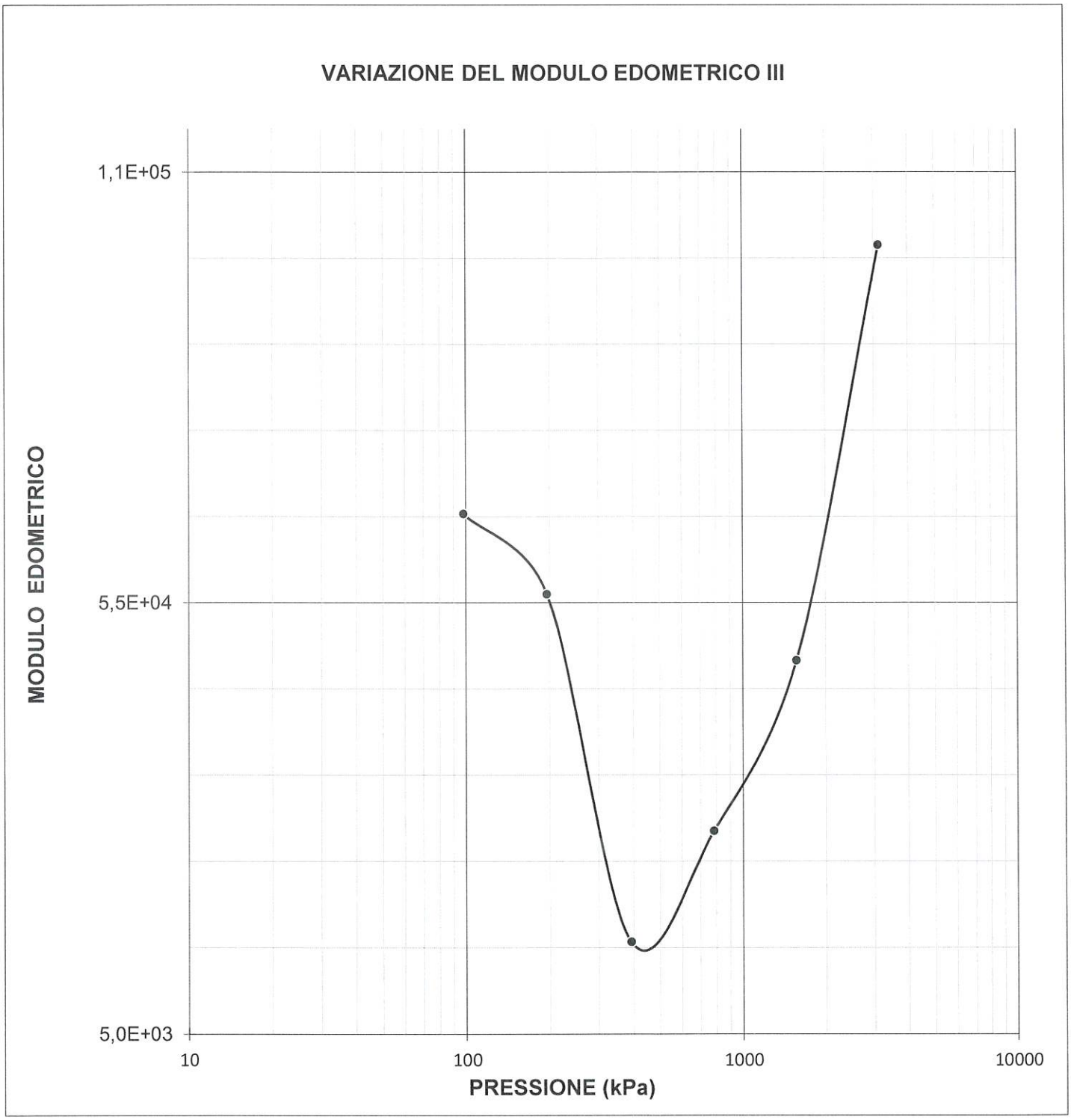


Commessa: 030/25

Verbale di accettazione: S1 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli



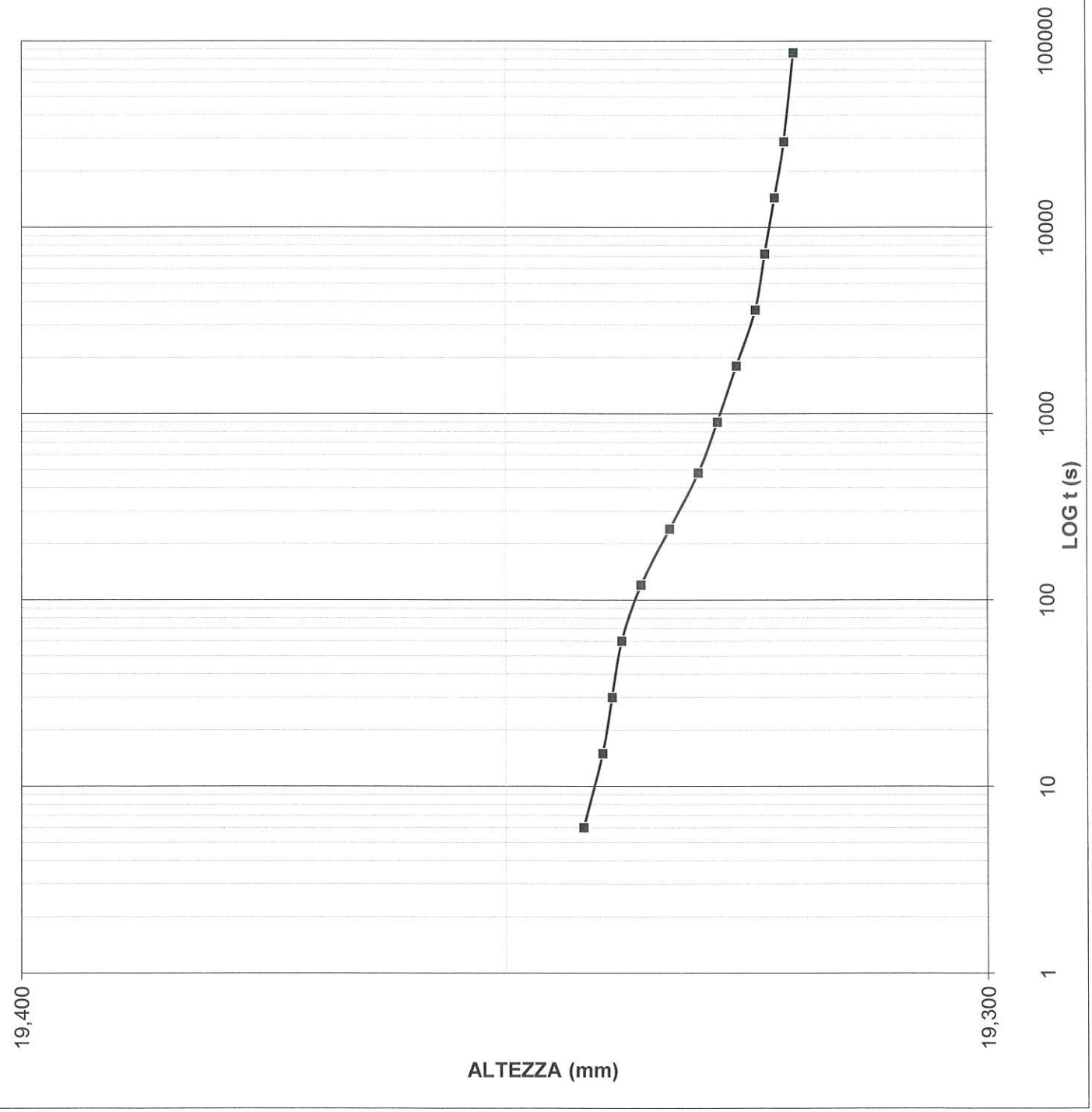
Commessa: 030/25

ID Campione: S1 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

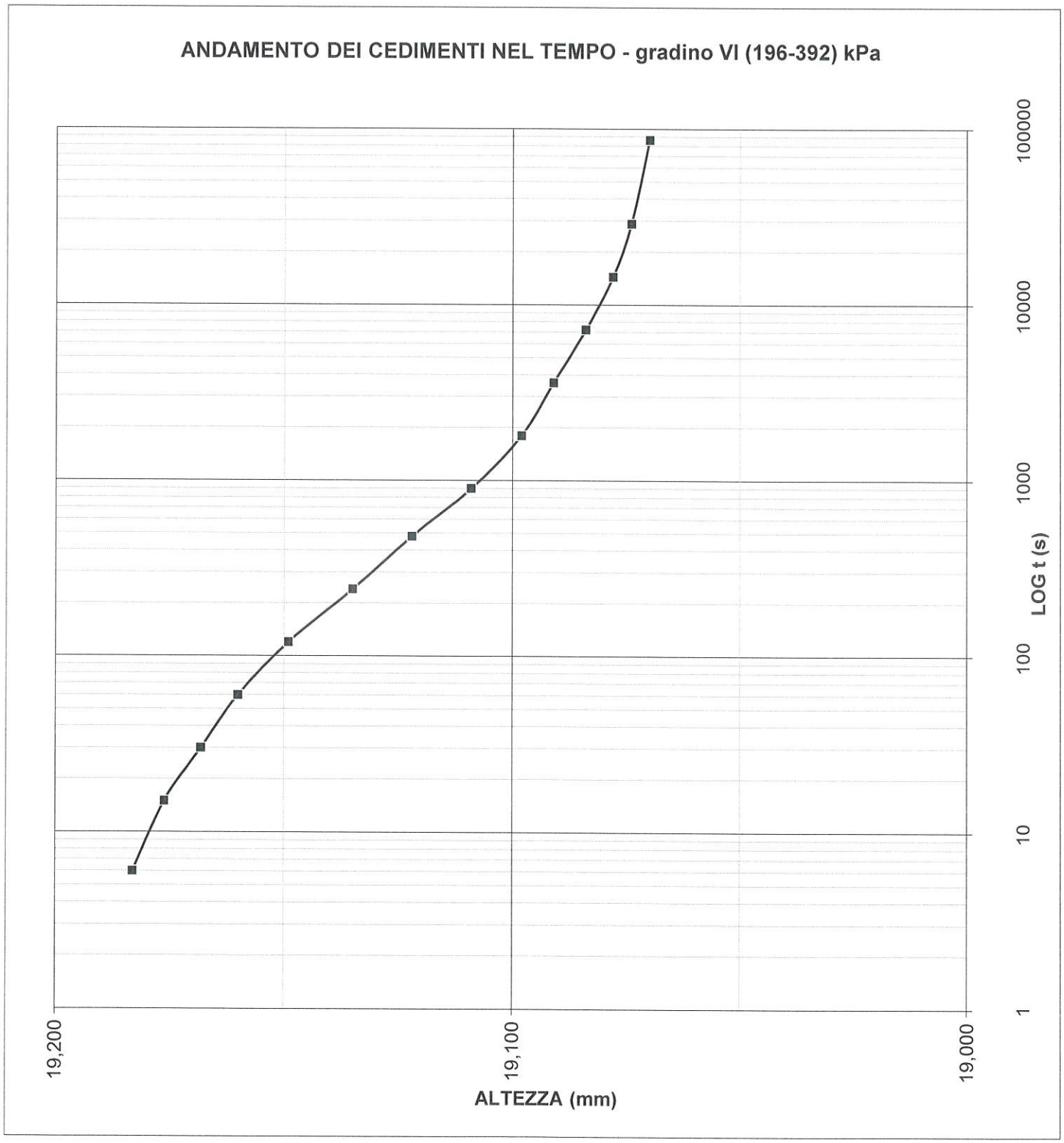
il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino V (98-196 kPa)



Commessa:	ID Campione:	lo sperimentatore:	il Direttore del Laboratorio:
030/25	S1 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino VI (196-392) kPa



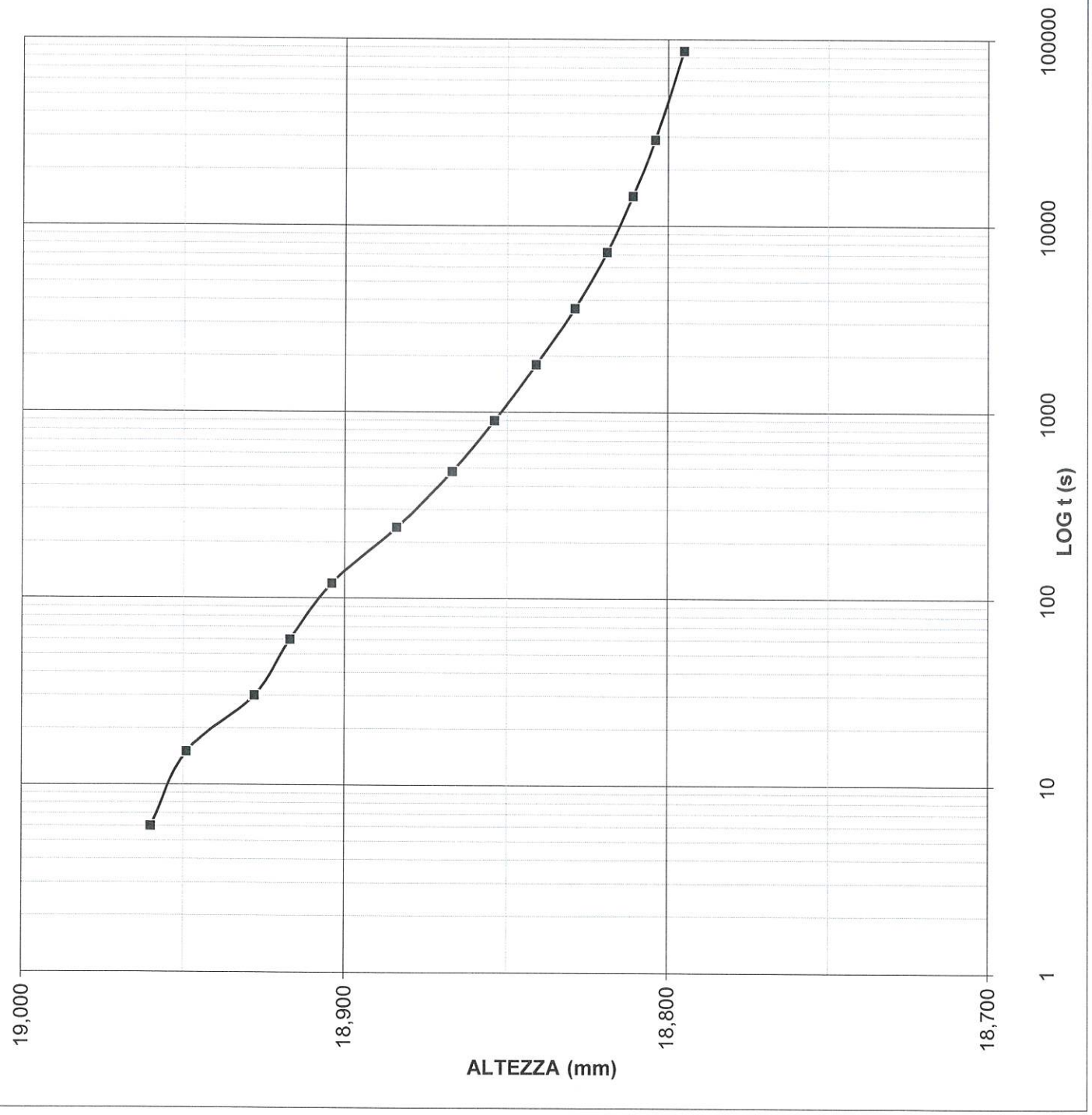
Commessa: 030/25

ID Campione: S1 CI1

Io sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino VII (392-784) kPa



Commessa: 030/25

ID Campione: S1 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B

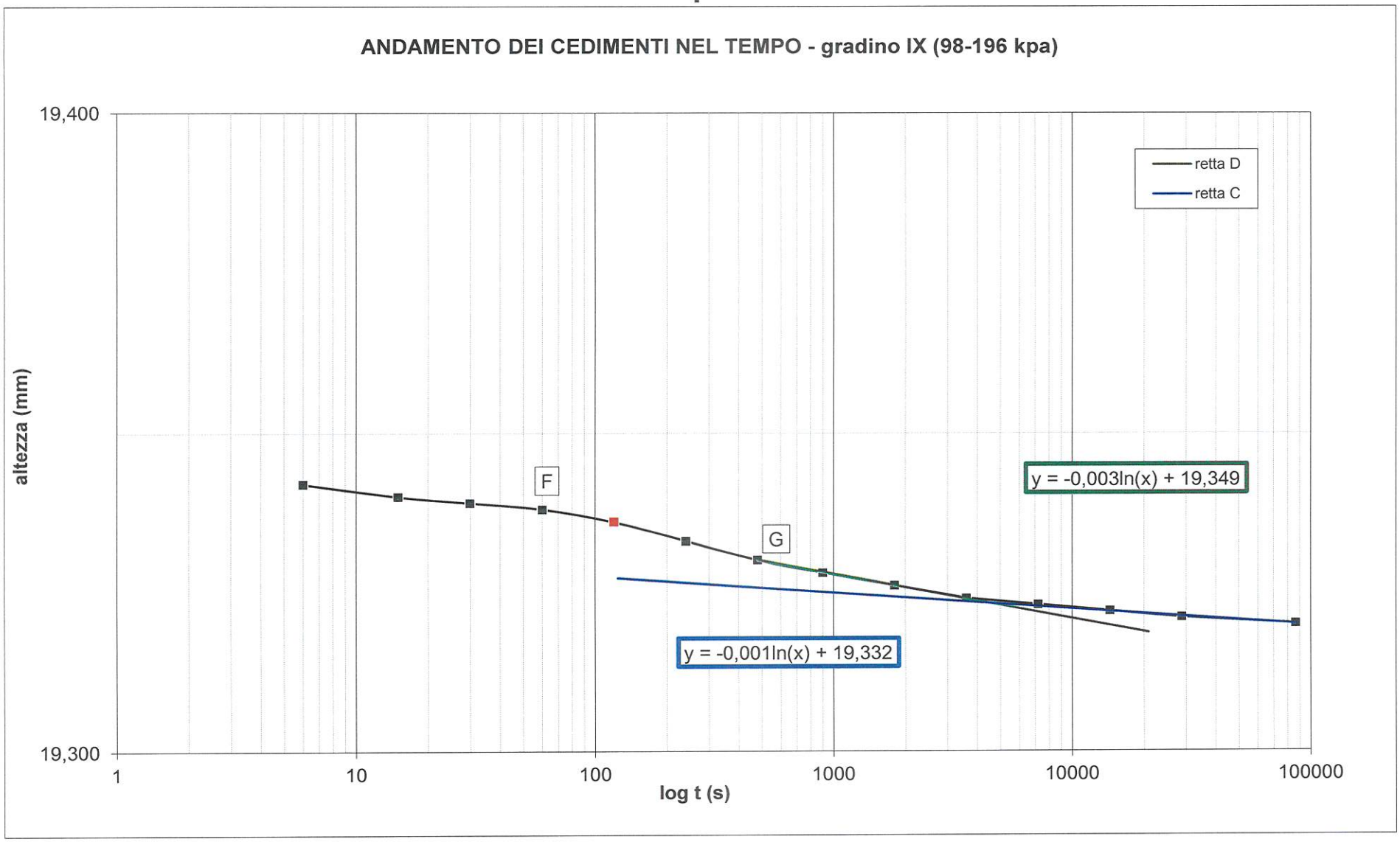
SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: CI1

cedimento a inizio di prova		0,645	mm	gradino IX (98-196 kPa)
altezza iniziale	h_0 =	1,935	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	h_{100} =	1,932	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	h_{50} =	1,933	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	t_{50} =	104	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	t_{100} =	4530	s	
coefficiente di consolidazione	**C_v =**	**1,77E-03**	cm^2/s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	**m_v =**	**1,79E-05**	kPa^{-1}	
coefficiente di permeabilità verticale	**K_v =**	**3,16E-09**	cm/s	

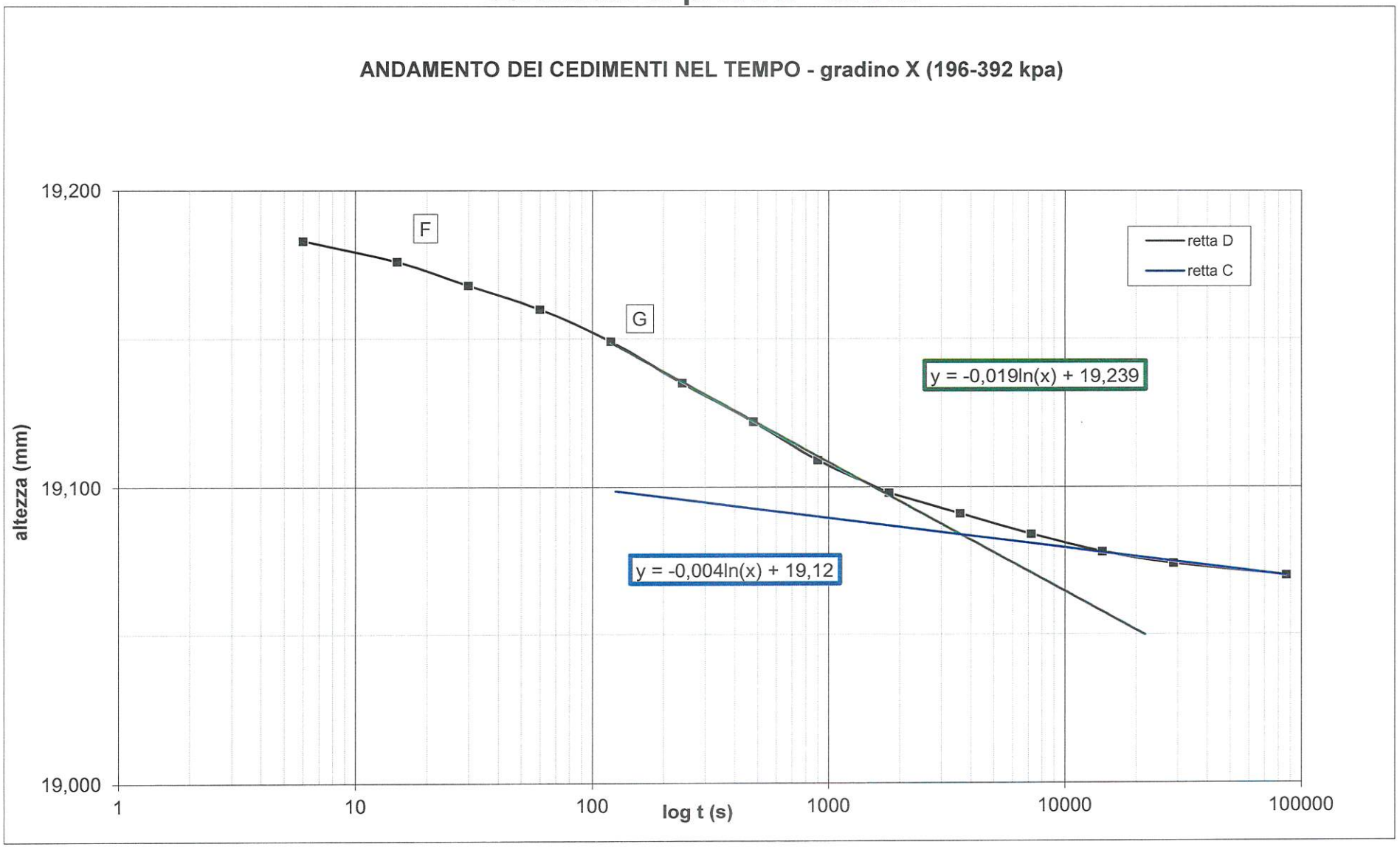
cedimento a inizio di prova		0,680	mm	gradino X (196-392 kPa)
altezza iniziale	h_0 =	1,920	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	h_{100} =	1,908	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	h_{50} =	1,914	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	t_{50} =	157	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	t_{100} =	3628	s	
coefficiente di consolidazione	**C_v =**	**1,15E-03**	cm^2/s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	**m_v =**	**6,38E-05**	kPa^{-1}	
coefficiente di permeabilità verticale	**K_v =**	**7,33E-09**	cm/s	

cedimento a inizio di prova		0,930	mm	gradino XI (392-785 kPa)
altezza iniziale	h_0 =	1,899	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	h_{100} =	1,883	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	h_{50} =	1,891	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	t_{50} =	90	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	t_{100} =	2665	s	
coefficiente di consolidazione	**C_v =**	**1,95E-03**	cm^2/s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	**m_v =**	**3,51E-05**	kPa^{-1}	
coefficiente di permeabilità verticale	**K_v =**	**6,83E-09**	cm/s	

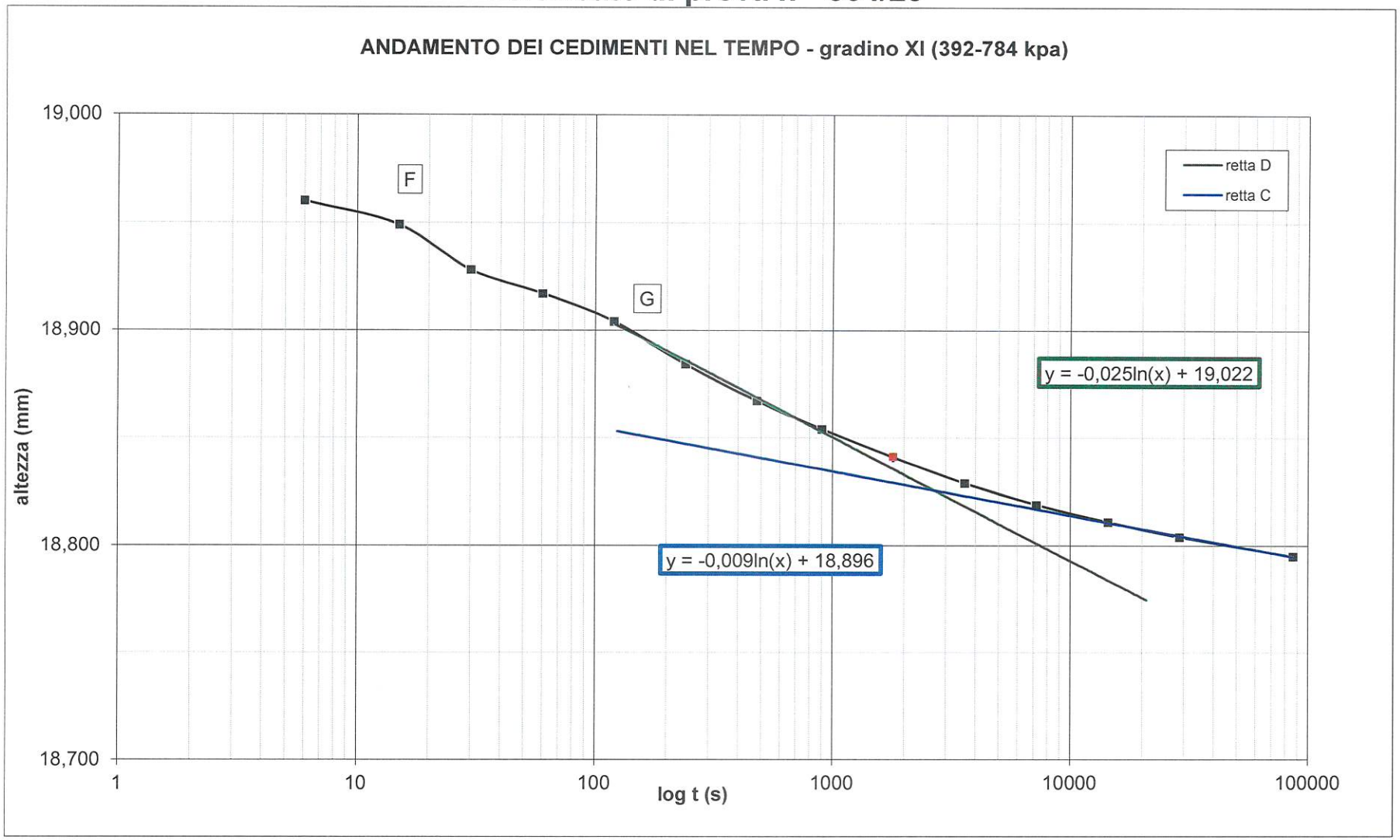
certificato di prova n° 504/25



certificato di prova n° 504/25



certificato di prova n° 504/25



C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 1
PROFONDITÀ (m): 2,00-3,00
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S1 C.R.1 | **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri | **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 1
PROFONDITÀ (m): 2,00-3,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro			
volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S1 C.R.1**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 1
PROFONDITÀ (m): 2,00-3,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 630,33

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	630,33	100,00
38,1	0,00	630,33	100,00
25,4	115,02	515,31	81,75
19,05	187,71	442,62	70,22
12,7	244,95	385,38	61,14
9,5	289,10	341,23	54,14
4,75	358,02	272,31	43,20
2	399,89	230,44	36,56
1	422,76	207,57	32,93
0,425	442,91	187,42	29,73
0,25	476,99	153,34	24,33
0,125	498,04	132,29	20,99
0,075	516,66	113,67	18,03

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0
densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

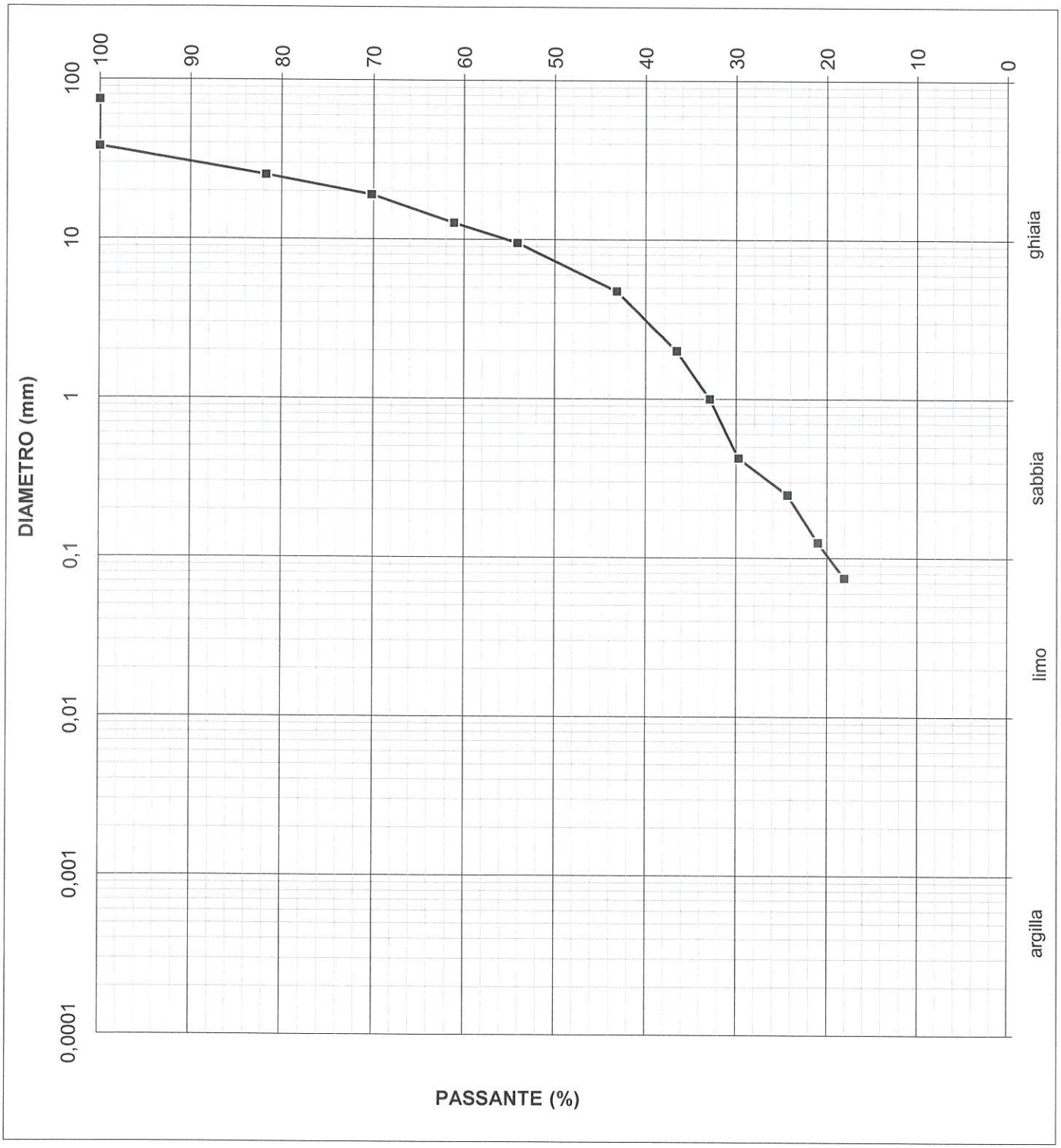
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	56,8
% sabbia	25,2
% limo	18,0
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S1 C.R.1 | **lo sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri | **il direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 2
PROFONDITÀ (m): 4,00-5,00
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo di ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S1 C.R.2 | **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri | **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 2
PROFONDITÀ (m): 4,00-5,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 2
PROFONDITÀ (m): 4,00-5,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 743,48

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	743,48	100,00
38,1	0,00	743,48	100,00
25,4	73,99	669,49	90,05
19,05	129,03	614,45	82,65
12,7	229,74	513,74	69,10
9,5	262,64	480,84	64,67
4,75	335,61	407,87	54,86
2	386,81	356,67	47,97
1	421,99	321,49	43,24
0,425	484,79	258,69	34,79
0,25	546,15	197,33	26,54
0,125	583,65	159,83	21,50
0,075	605,75	137,73	18,53

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0
densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

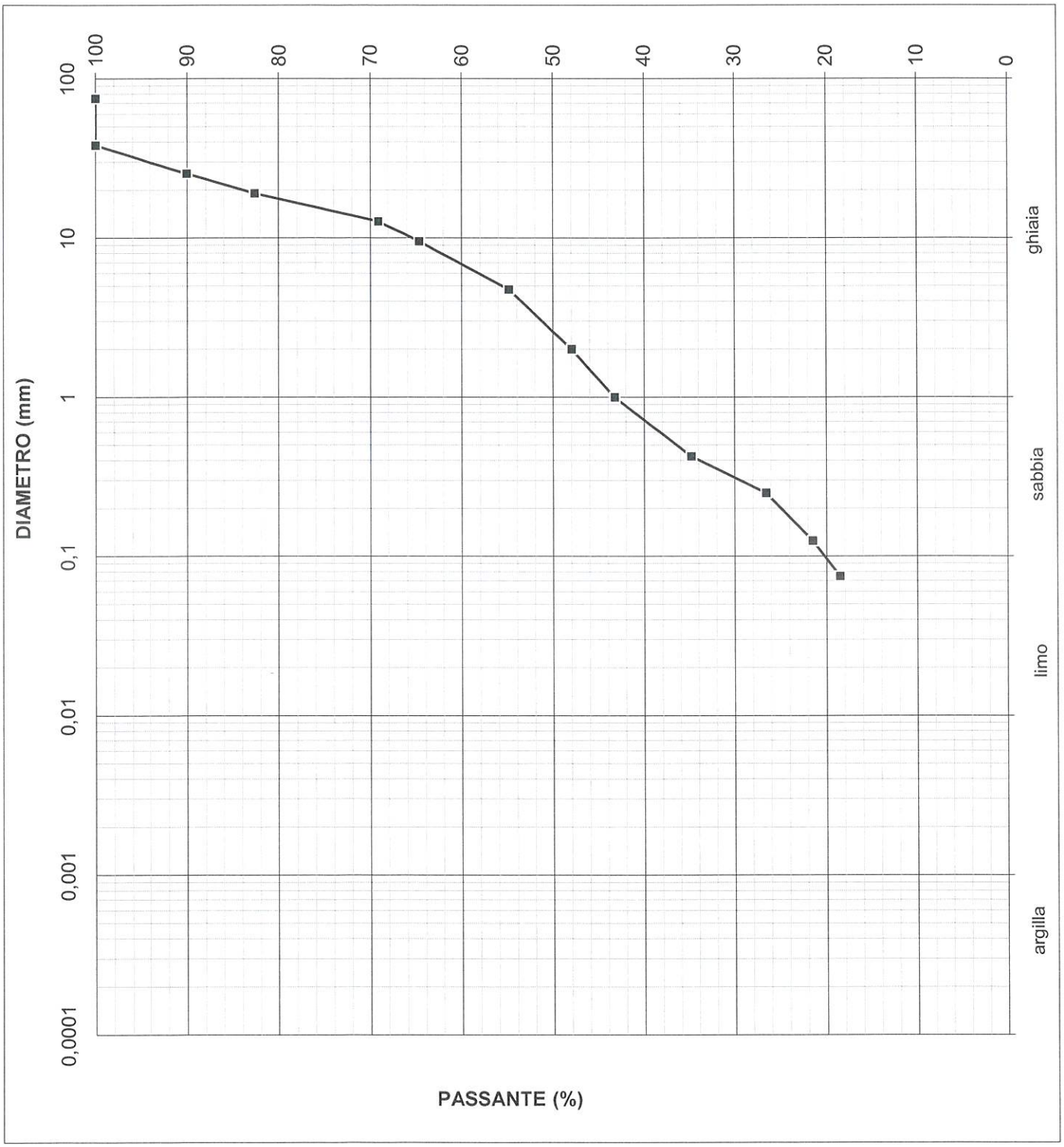
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	45,1
% sabbia	36,3
% limo	18,5
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S1 C.R.2 | **lo sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri | **il direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 3
PROFONDITÀ (m): 6,00-7,00
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S1 C.R.3 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.3	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 3
PROFONDITÀ (m): 6,00-7,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.3	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 3
PROFONDITÀ (m): 6,00-7,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 748,68

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	748,68	100,00
38,1	0,00	748,68	100,00
25,4	127,95	620,73	82,91
19,05	219,42	529,26	70,69
12,7	259,08	489,60	65,40
9,5	306,65	442,03	59,04
4,75	381,43	367,25	49,05
2	440,61	308,07	41,15
1	488,19	260,49	34,79
0,425	566,54	182,14	24,33
0,25	612,10	136,58	18,24
0,125	633,74	114,94	15,35
0,075	650,93	97,75	13,06

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.3	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

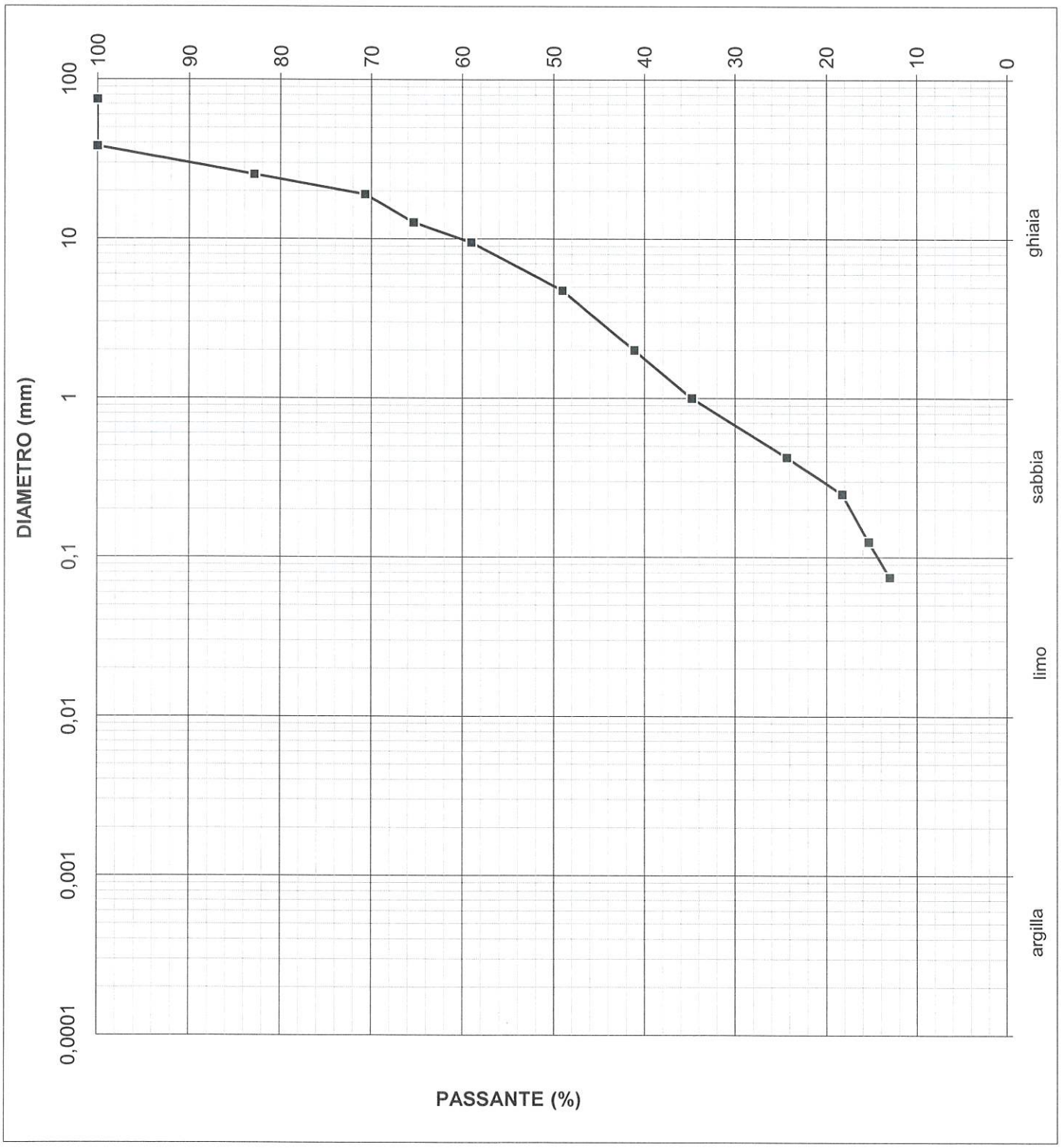
composizione granulometrica	
% ghiaia	50,9
% sabbia	36,0
% limo	13,1
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S1 C.R.3

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.3	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 4
PROFONDITÀ (m): 8,00-9,00
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S1 C.R.4 | **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri | **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 4
PROFONDITÀ (m): 8,00-9,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**WI**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 4
PROFONDITÀ (m): 8,00-9,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 894,98

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	894,98	100,00
38,1	172,33	722,65	80,74
25,4	293,71	601,27	67,18
19,05	293,71	601,27	67,18
12,7	358,07	536,91	59,99
9,5	411,93	483,05	53,97
4,75	481,13	413,85	46,24
2	542,79	352,19	39,35
1	573,13	321,85	35,96
0,425	670,51	224,47	25,08
0,25	729,84	165,14	18,45
0,125	758,26	136,72	15,28
0,075	776,00	118,98	13,29

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0
densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

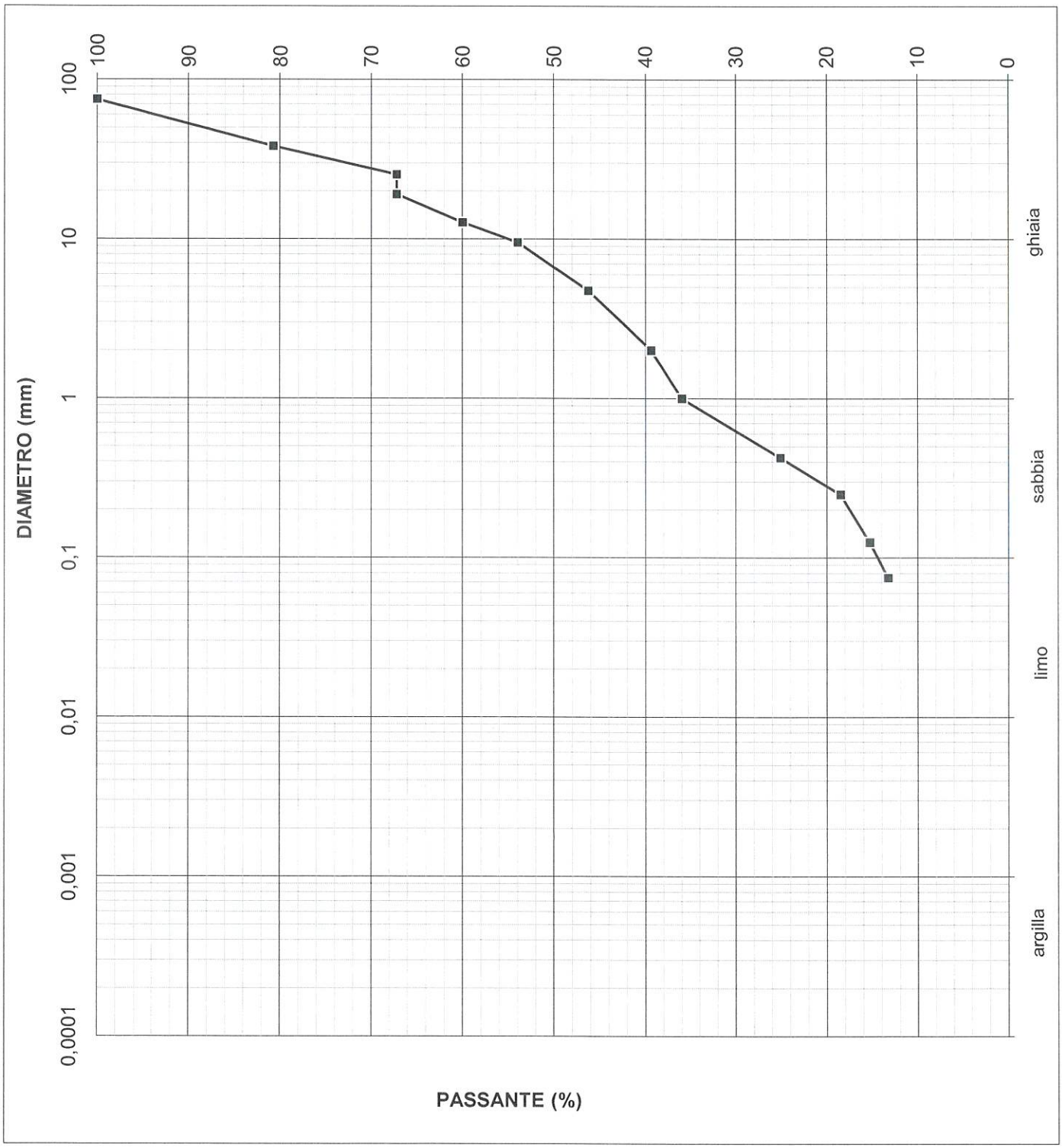
tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*
C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	53,8
% sabbia	32,9
% limo	13,3
% argilla	

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S1 C.R.4
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 5
PROFONDITÀ (m): 10,00-11,00
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S1 C.R.5

Sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.5	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 5
PROFONDITÀ (m): 10,00-11,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 09/04/2025

massa terreno setacciato (g): 780,46

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	780,46	100,00
38,1	0,00	780,46	100,00
25,4	165,24	615,22	78,83
19,05	269,02	511,44	65,53
12,7	293,20	487,26	62,43
9,5	345,97	434,49	55,67
4,75	412,11	368,35	47,20
2	479,59	300,87	38,55
1	525,65	254,81	32,65
0,425	594,54	185,92	23,82
0,25	645,39	135,07	17,31
0,125	674,63	105,83	13,56
0,075	692,72	87,74	11,24

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.5	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 09/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

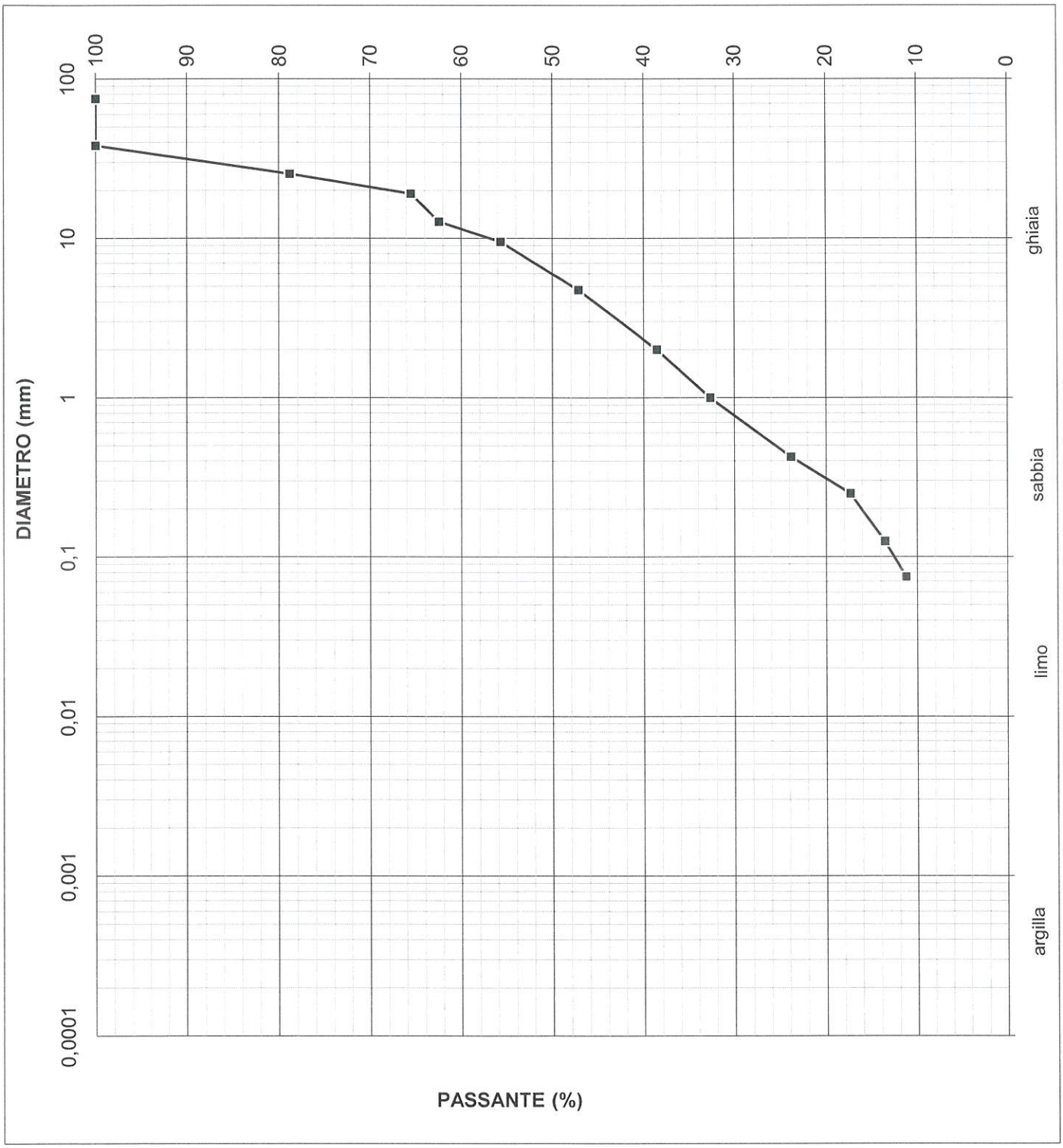
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	52,8
% sabbia	36,0
% limo	11,2
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S1 C.R.5 | **lo sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri | **il direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.5	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 5
PROFONDITÀ (m): 10,00-11,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 09/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro			
volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**WI**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S1 C.R.5**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 6
PROFONDITÀ (m): 14,00-15,00
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S1 C.R.6
Sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 6
PROFONDITÀ (m): 14,00-15,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 772,98

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	772,98	100,00
38,1	150,11	622,87	80,58
25,4	236,93	536,05	69,35
19,05	298,06	474,92	61,44
12,7	377,81	395,17	51,12
9,5	426,61	346,37	44,81
4,75	503,58	269,40	34,85
2	549,65	223,33	28,89
1	576,09	196,89	25,47
0,425	624,81	148,17	19,17
0,25	657,77	115,21	14,90
0,125	676,02	96,96	12,54
0,075	688,18	84,80	10,97

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

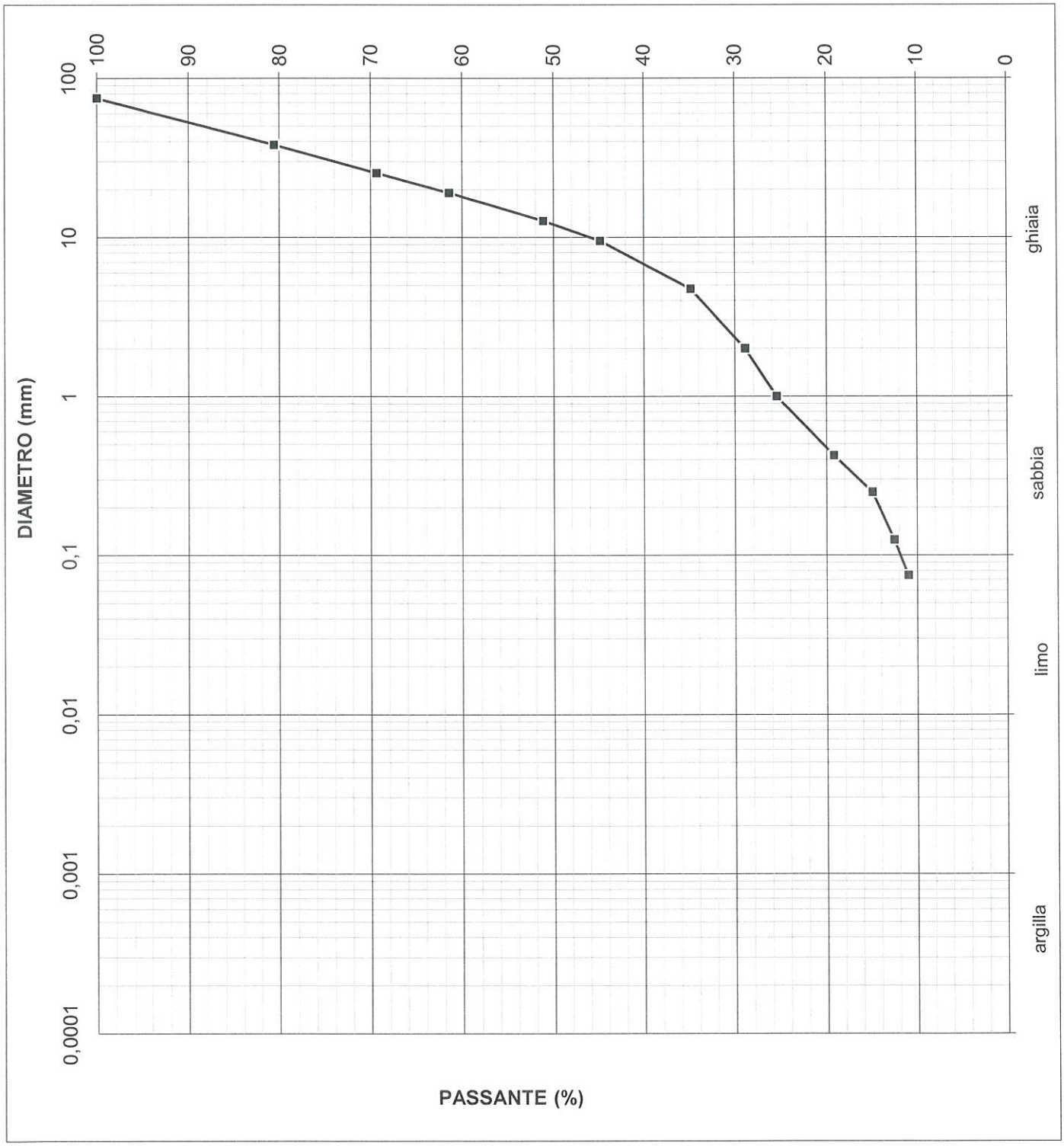
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	65,1
% sabbia	23,9
% limo	11,0
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S1 C.R.6 | **lo sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri | **il direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 6
PROFONDITÀ (m): 14,00-15,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 7
PROFONDITÀ (m): 16,00-17,00
DATA DI PRELIEVO: 24/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.7	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.7	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 7
PROFONDITÀ (m): 16,00-17,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 1348,29

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	1348,29	100,00
38,1	144,69	1203,60	89,27
25,4	268,74	1079,55	80,07
19,05	349,99	998,30	74,04
12,7	473,62	874,67	64,87
9,5	584,64	763,65	56,64
4,75	716,64	631,65	46,85
2	857,89	490,40	36,37
1	941,31	406,98	30,18
0,425	1010,90	337,39	25,02
0,25	1086,82	261,47	19,39
0,125	1173,75	174,54	12,95
0,075	1203,10	145,19	10,77

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.7	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0
densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

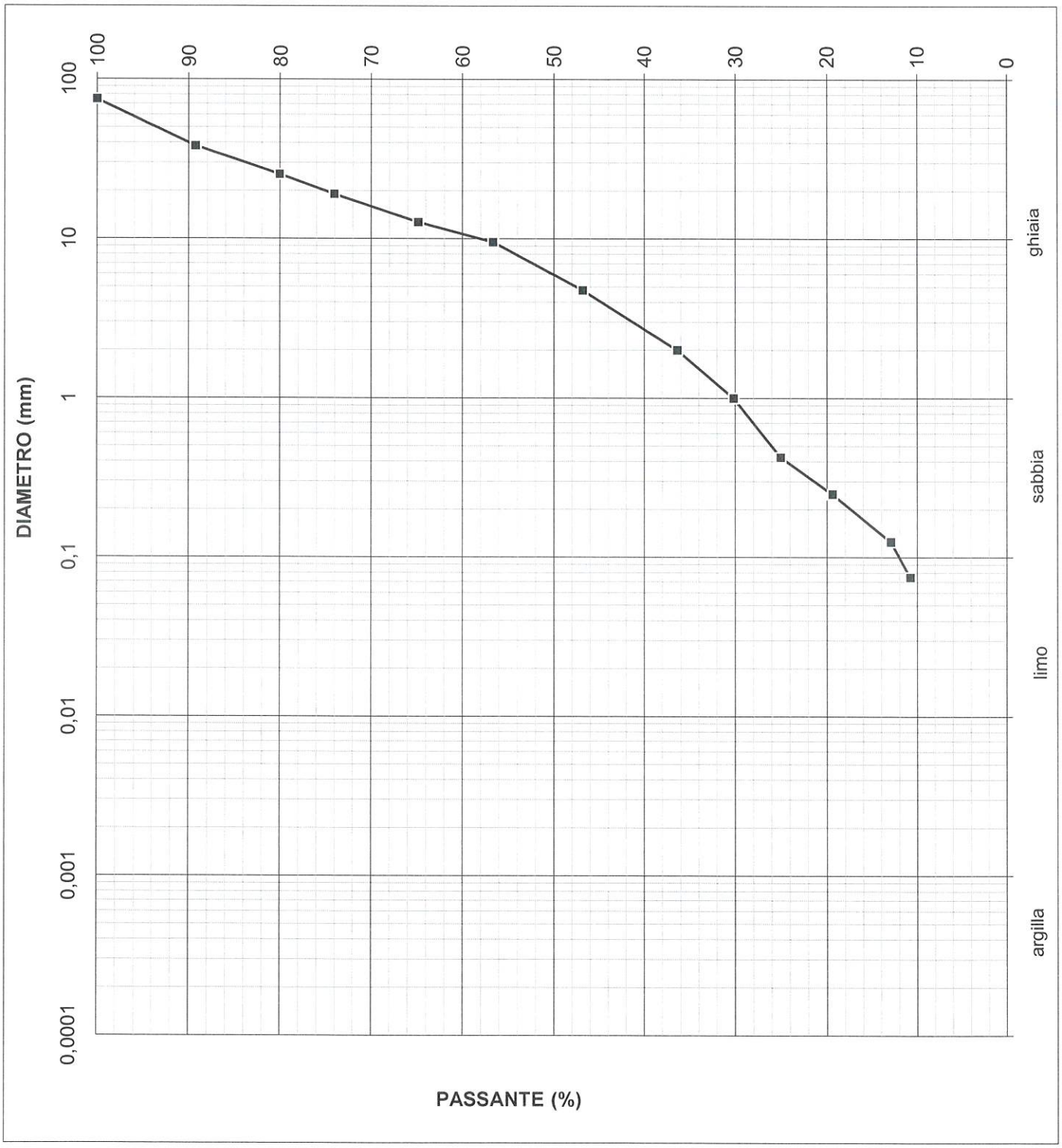
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	53,2
% sabbia	36,1
% limo	10,8
% argilla	

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.7	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.7	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S1
CAMPIONE: C.R. 7
PROFONDITÀ (m): 16,00-17,00
DATA PRELIEVO: 24/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S1 C.R.7	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 1
PROFONDITÀ (m): 2,00-3,00
DATA DI PRELIEVO: 25/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 1
PROFONDITÀ (m): 2,00-3,00
DATA PRELIEVO: 25/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 09/04/2025

massa terreno setacciato (g): 848,42

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	848,42	100,00
38,1	0,00	848,42	100,00
25,4	203,75	644,67	75,98
19,05	296,95	551,47	65,00
12,7	333,86	514,56	60,65
9,5	388,61	459,81	54,20
4,75	464,01	384,41	45,31
2	527,14	321,28	37,87
1	573,34	275,08	32,42
0,425	649,30	199,12	23,47
0,25	691,10	157,32	18,54
0,125	712,43	135,99	16,03
0,075	727,12	121,30	14,30

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 09/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

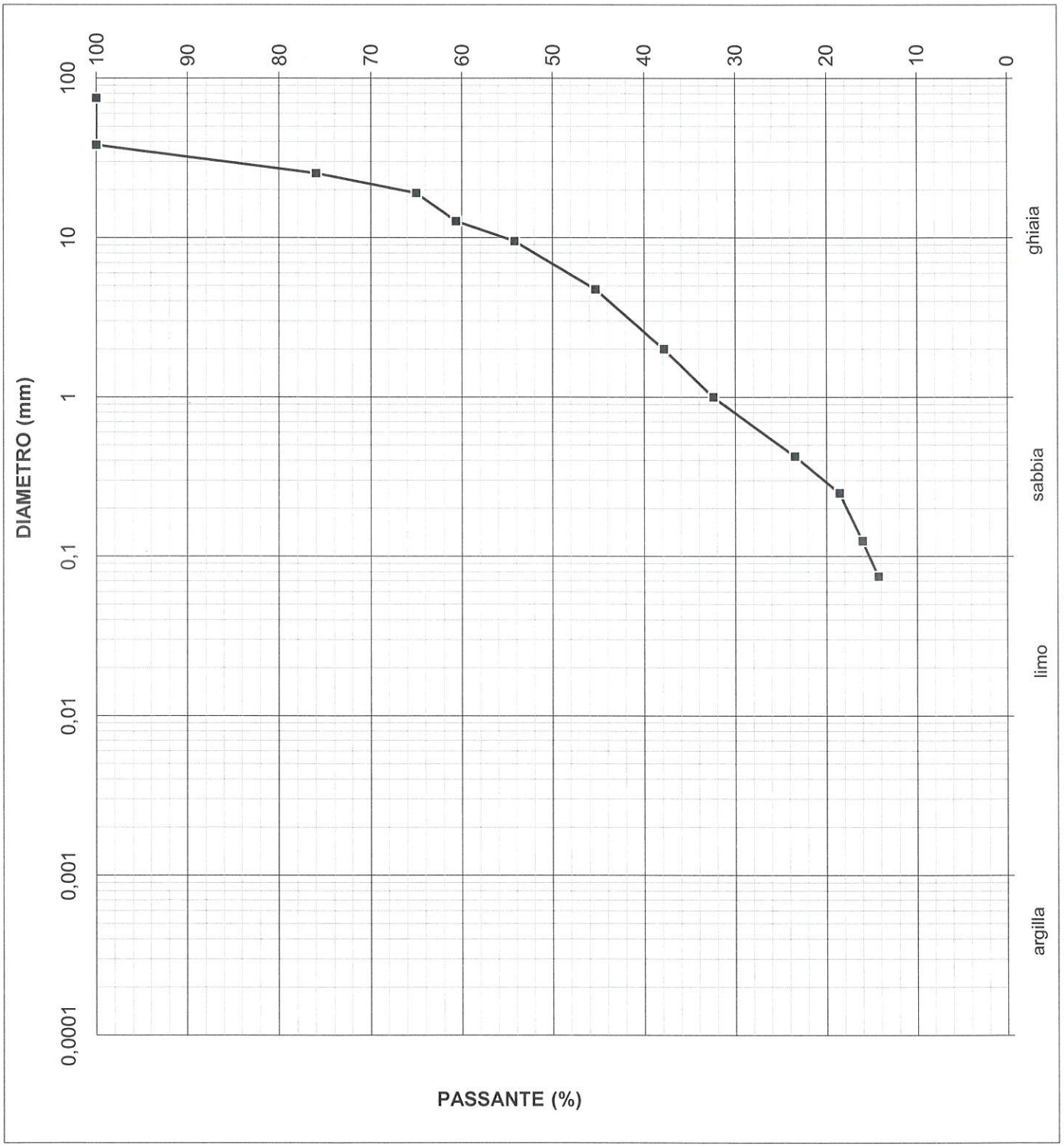
composizione granulometrica	
% ghiaia	54,7
% sabbia	31,0
% limo	14,3
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S2 C.R.1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 1
PROFONDITÀ (m): 2,00-3,00
DATA PRELIEVO: 25/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 09/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**WI**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S2 C.R.1**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 2
PROFONDITÀ (m): 4,00-5,00
DATA DI PRELIEVO: 25/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *2,5 Y 4/2 Dark grayish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S2 C.R.2 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 2
PROFONDITÀ (m): 4,00-5,00
DATA PRELIEVO: 25/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 09/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 2
PROFONDITÀ (m): 4,00-5,00
DATA PRELIEVO: 25/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 09/04/2025

massa terreno setacciato (g): 486,02

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	486,02	100,00
38,1	0,00	486,02	100,00
25,4	52,59	433,43	89,18
19,05	86,00	400,02	82,31
12,7	114,72	371,30	76,40
9,5	144,17	341,85	70,34
4,75	196,60	289,42	59,55
2	236,74	249,28	51,29
1	256,65	229,37	47,19
0,425	308,73	177,29	36,48
0,25	363,11	122,91	25,29
0,125	386,13	99,89	20,55
0,075	399,34	86,68	17,83

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 09/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

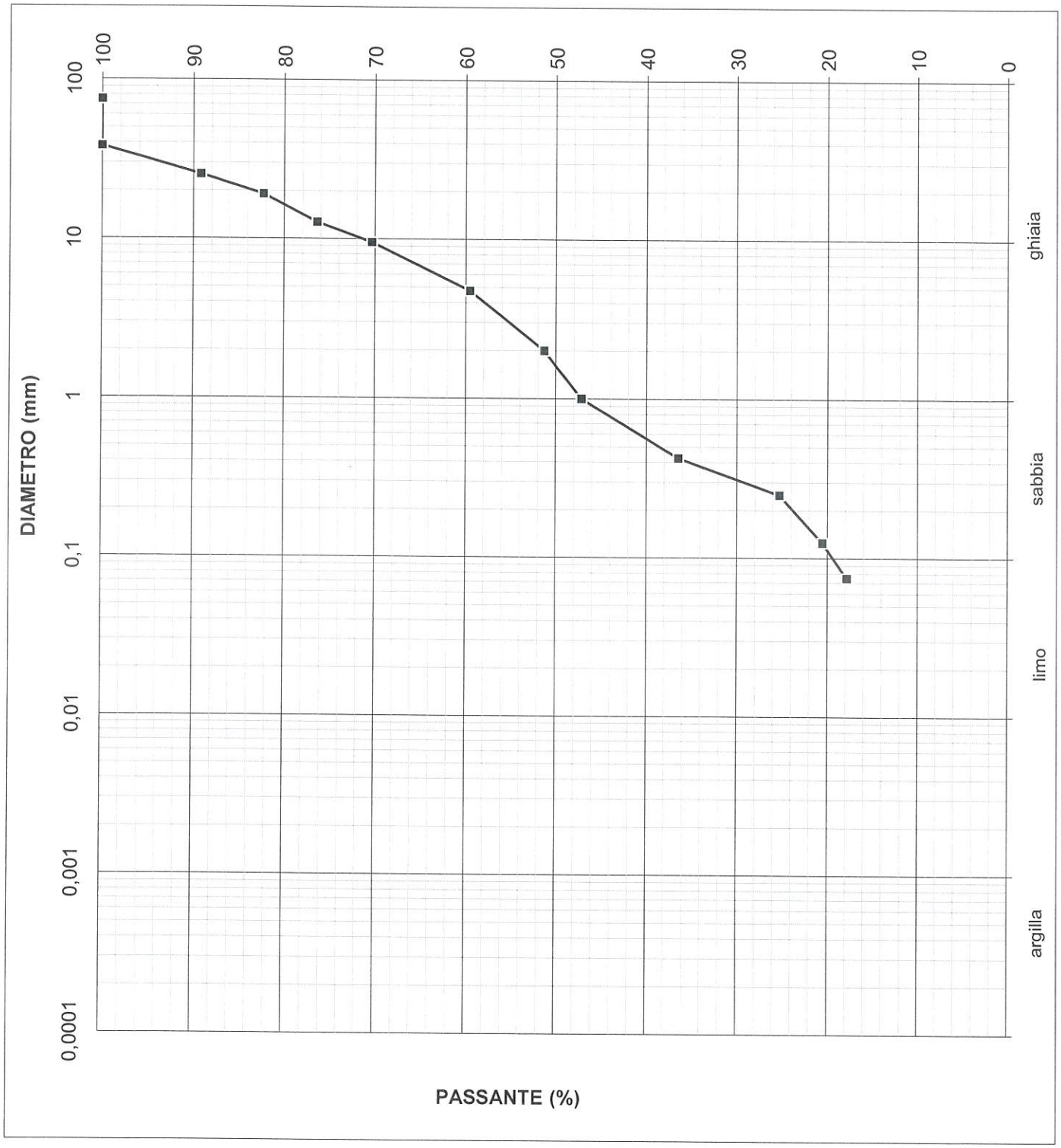
composizione granulometrica	
% ghiaia	40,5
% sabbia	41,7
% limo	17,8
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S2 C.R.2

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 3
PROFONDITÀ (m): 6,00-7,00
DATA DI PRELIEVO: 25/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *2,5 Y 4/2 Dark grayish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S2 C.R.3 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.3	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 3
PROFONDITÀ (m): 6,00-7,00
DATA PRELIEVO: 25/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 09/04/2025

massa terreno setacciato (g): 1245,32

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	1245,32	100,00
38,1	124,18	1121,14	90,03
25,4	281,42	963,90	77,40
19,05	400,11	845,21	67,87
12,7	504,29	741,03	59,51
9,5	628,31	617,01	49,55
4,75	716,93	528,39	42,43
2	812,28	433,04	34,77
1	905,91	339,41	27,25
0,425	978,55	266,77	21,42
0,25	1033,83	211,49	16,98
0,125	1055,83	189,49	15,22
0,075	1068,19	177,13	14,22

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.3	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 09/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

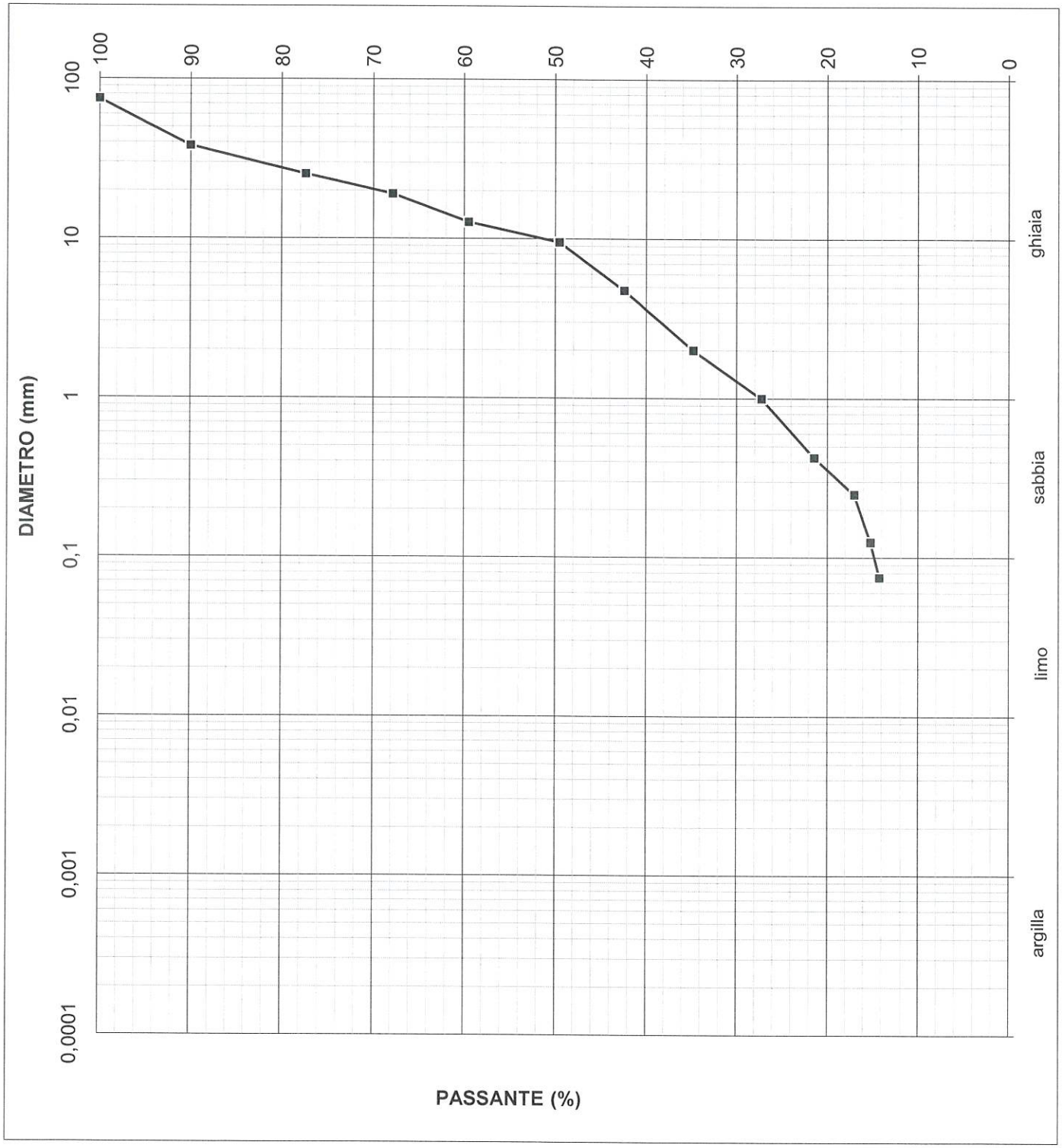
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	57,6
% sabbia	28,2
% limo	14,2
% argilla	

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S2 C.R.3
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.3	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 3
PROFONDITÀ (m): 6,00-7,00
DATA PRELIEVO: 25/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 09/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**WI**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S2 C.R.3**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 4
PROFONDITÀ (m): 8,00-9,00
DATA DI PRELIEVO: 25/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/3 dark brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S2 C.R.4 | **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri | **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 4
PROFONDITÀ (m): 8,00-9,00
DATA PRELIEVO: 25/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 09/04/2025

massa terreno setacciato (g): 845,35

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	845,35	100,00
38,1	0,00	845,35	100,00
25,4	151,24	694,11	82,11
19,05	246,12	599,23	70,89
12,7	343,26	502,09	59,39
9,5	427,28	418,07	49,46
4,75	484,76	360,59	42,66
2	553,11	292,24	34,57
1	589,44	255,91	30,27
0,425	640,76	204,59	24,20
0,25	664,94	180,41	21,34
0,125	679,46	165,89	19,62
0,075	694,72	150,63	17,82

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S2 C.R.4
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 09/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0
densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

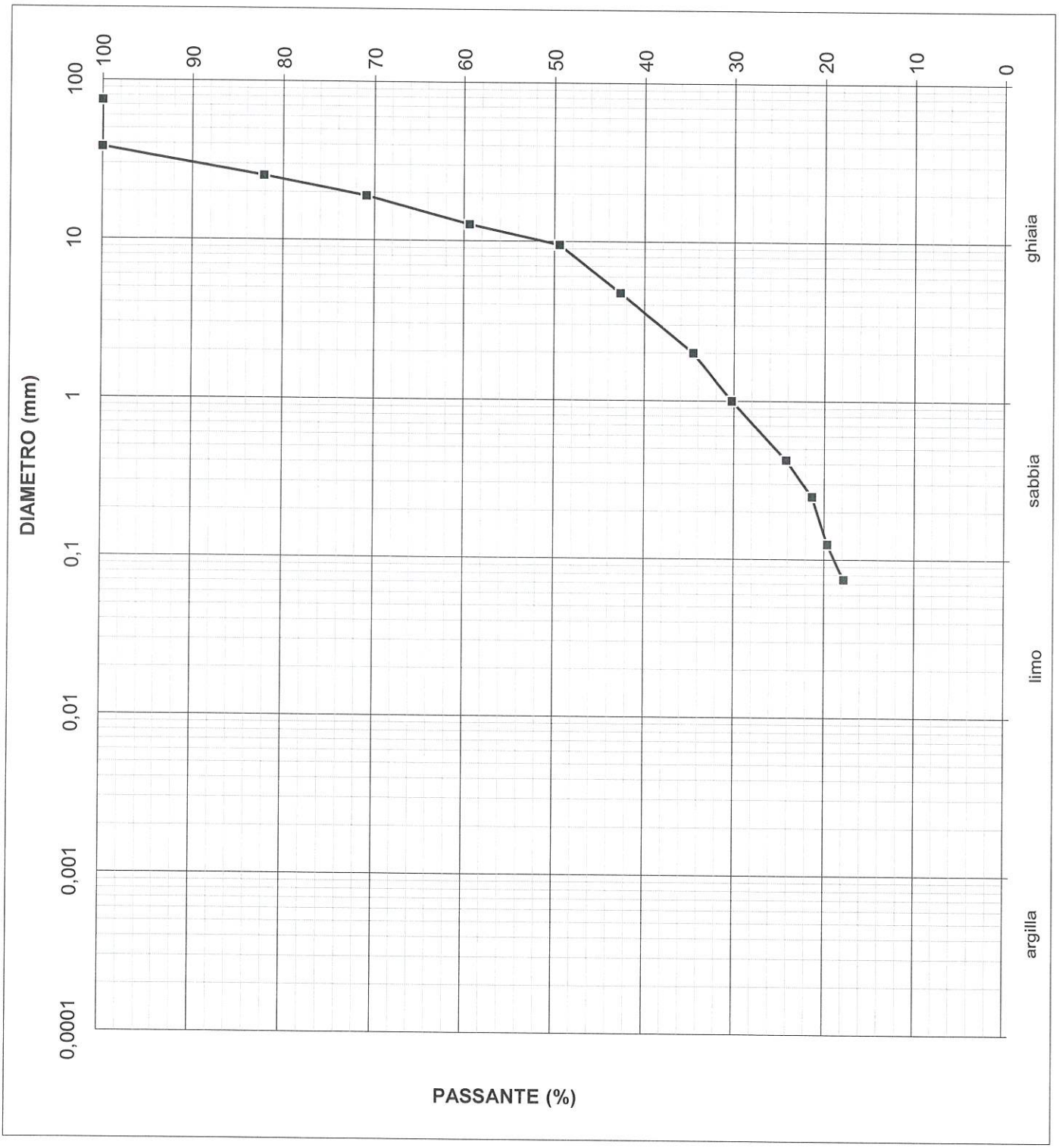
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	57,3
% sabbia	24,8
% limo	17,8
% argilla	

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S2 C.R.4
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 4
PROFONDITÀ (m): 8,00-9,00
DATA PRELIEVO: 25/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 09/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S2 C.R.4**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 5
PROFONDITÀ (m): 10,00-11,00
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

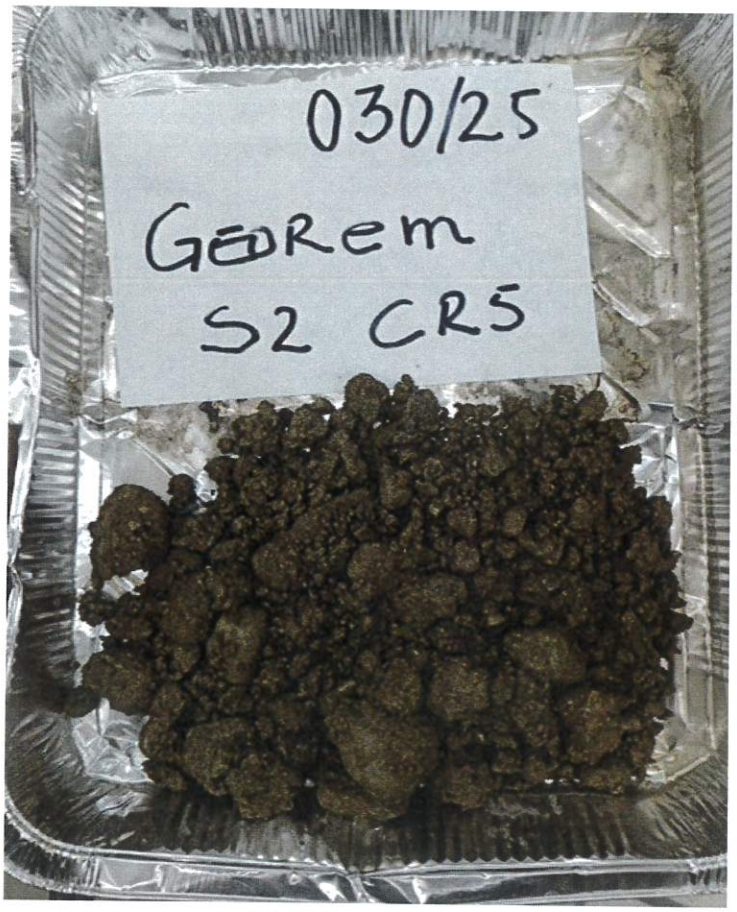
Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S2 C.R.5 | **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri | **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE



commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.5	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 5
PROFONDITÀ (m): 10,00-11,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 09/04/2025

massa terreno setacciato (g): 1446,78

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	1446,78	100,00
38,1	0,00	1446,78	100,00
25,4	211,27	1235,51	85,40
19,05	348,50	1098,28	75,91
12,7	472,77	974,01	67,32
9,5	539,37	907,41	62,72
4,75	661,17	785,61	54,30
2	761,64	685,14	47,36
1	834,37	612,41	42,33
0,425	1041,55	405,23	28,01
0,25	1183,13	263,65	18,22
0,125	1231,86	214,92	14,86
0,075	1261,43	185,35	12,81

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.5	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 09/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

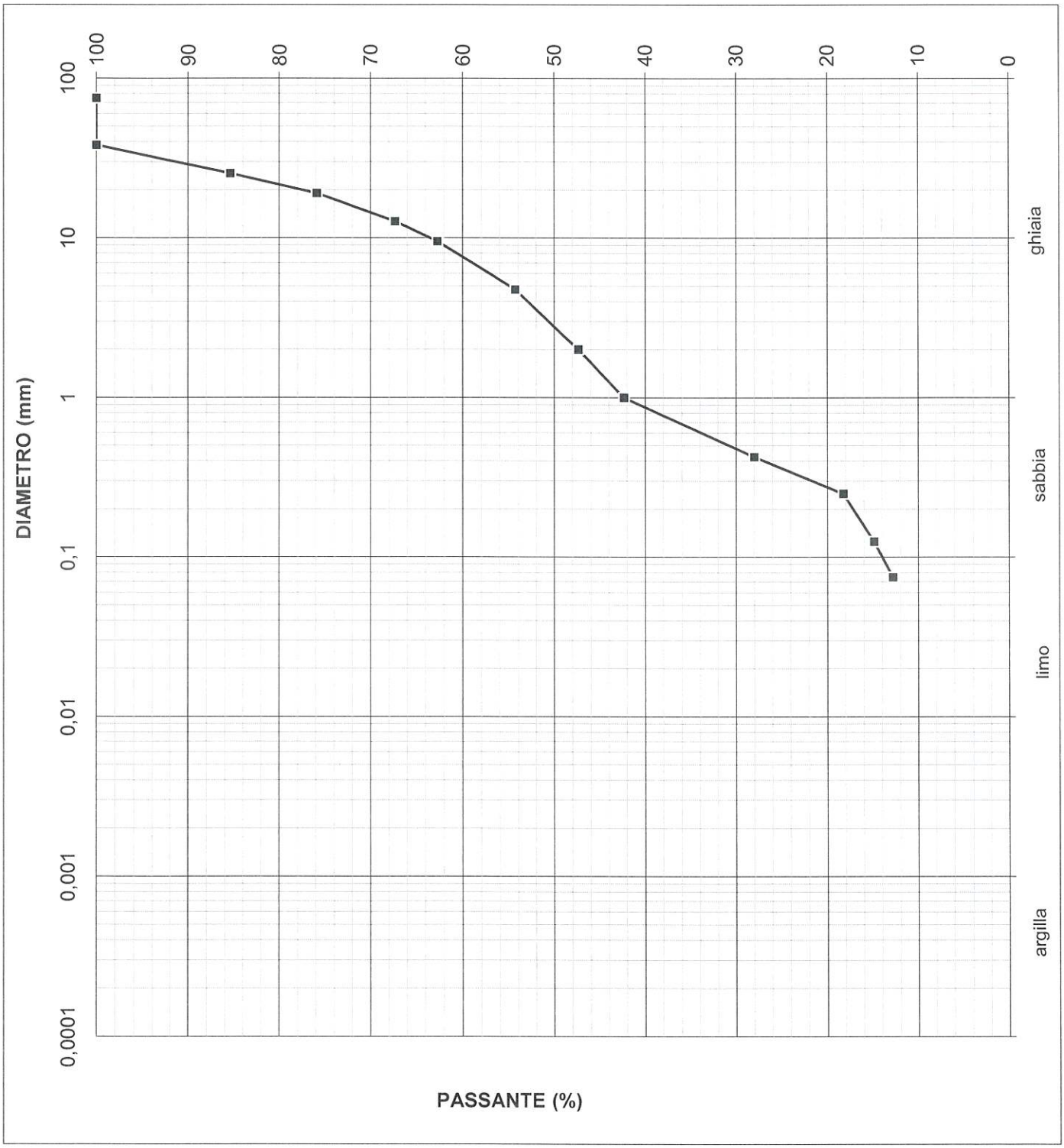
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	45,7
% sabbia	41,5
% limo	12,8
% argilla	

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S2 C.R.5
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.5	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 5
PROFONDITÀ (m): 10,00-11,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 09/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro			
volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**WI**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.5	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 6
PROFONDITÀ (m): 14,00-15,00
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S2 C.R.6 | **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri | **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 6
PROFONDITÀ (m): 14,00-15,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S2 C.R.6

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 6
PROFONDITÀ (m): 14,00-15,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 11/04/2025

massa terreno setacciato (g): 1086,35

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	1086,35	100,00
38,1	115,39	970,96	89,38
25,4	212,57	873,78	80,43
19,05	294,91	791,44	72,85
12,7	401,88	684,47	63,01
9,5	493,06	593,29	54,61
4,75	605,75	480,60	44,24
2	699,02	387,33	35,65
1	783,17	303,18	27,91
0,425	846,16	240,19	22,11
0,25	901,99	184,36	16,97
0,125	941,66	144,69	13,32
0,075	967,08	119,27	10,98

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 11/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

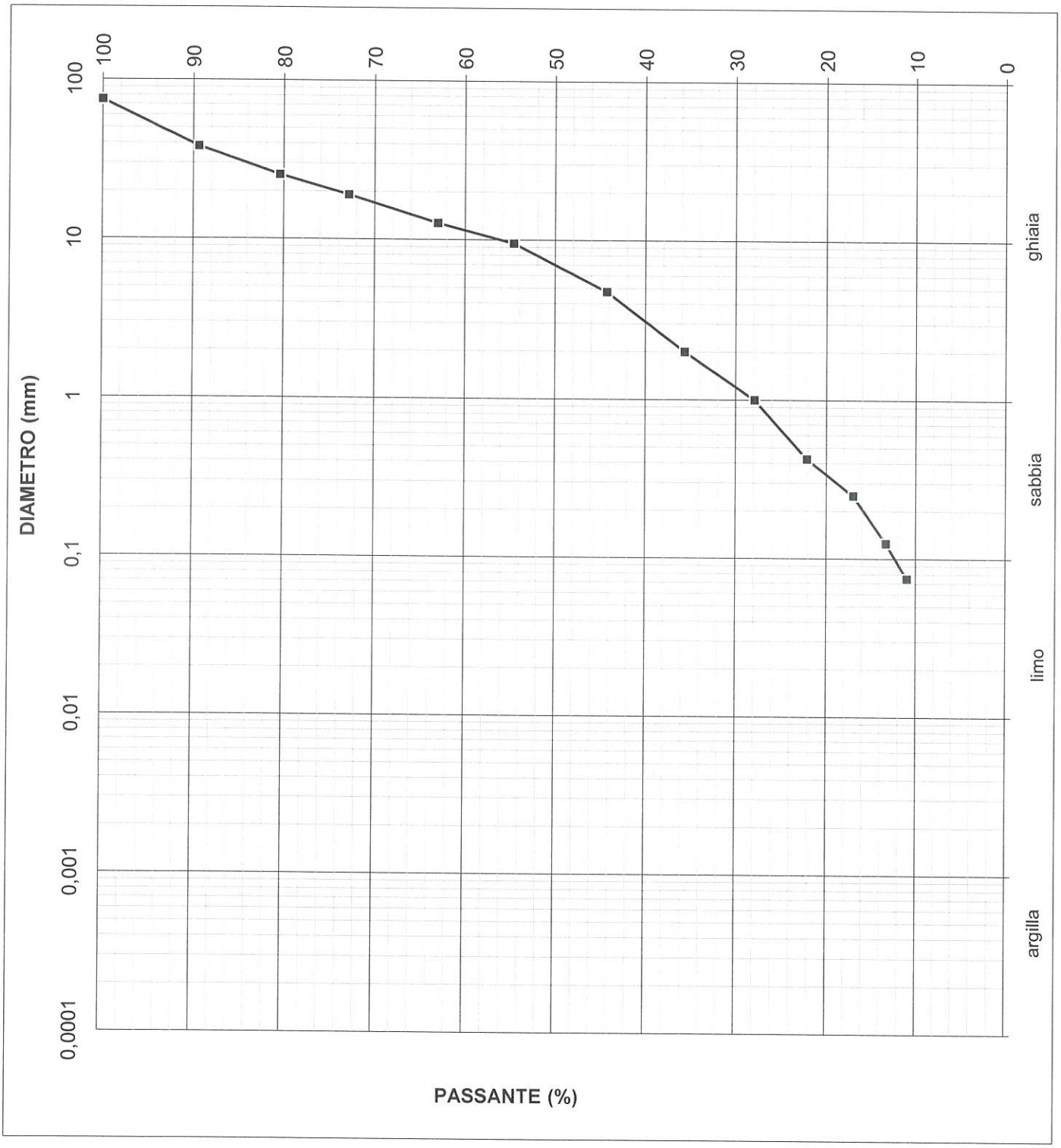
composizione granulometrica	
% ghiaia	55,8
% sabbia	33,3
% limo	11,0
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S2 C.R.6

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 7
PROFONDITÀ (m): 16,00-17,00
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/4 dark yellowish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S2 C.R.7 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.7	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 7
PROFONDITÀ (m): 16,00-17,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 11/04/2025

massa terreno setacciato (g): 709,98

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	709,98	100,00
38,1	0,00	709,98	100,00
25,4	256,77	453,21	63,83
19,05	288,91	421,07	59,31
12,7	336,90	373,08	52,55
9,5	377,50	332,48	46,83
4,75	438,65	271,33	38,22
2	485,33	224,65	31,64
1	520,60	189,38	26,67
0,425	579,78	130,20	18,34
0,25	625,33	84,65	11,92
0,125	644,50	65,48	9,22
0,075	655,12	54,86	7,73

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S2 C.R.7
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 11/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

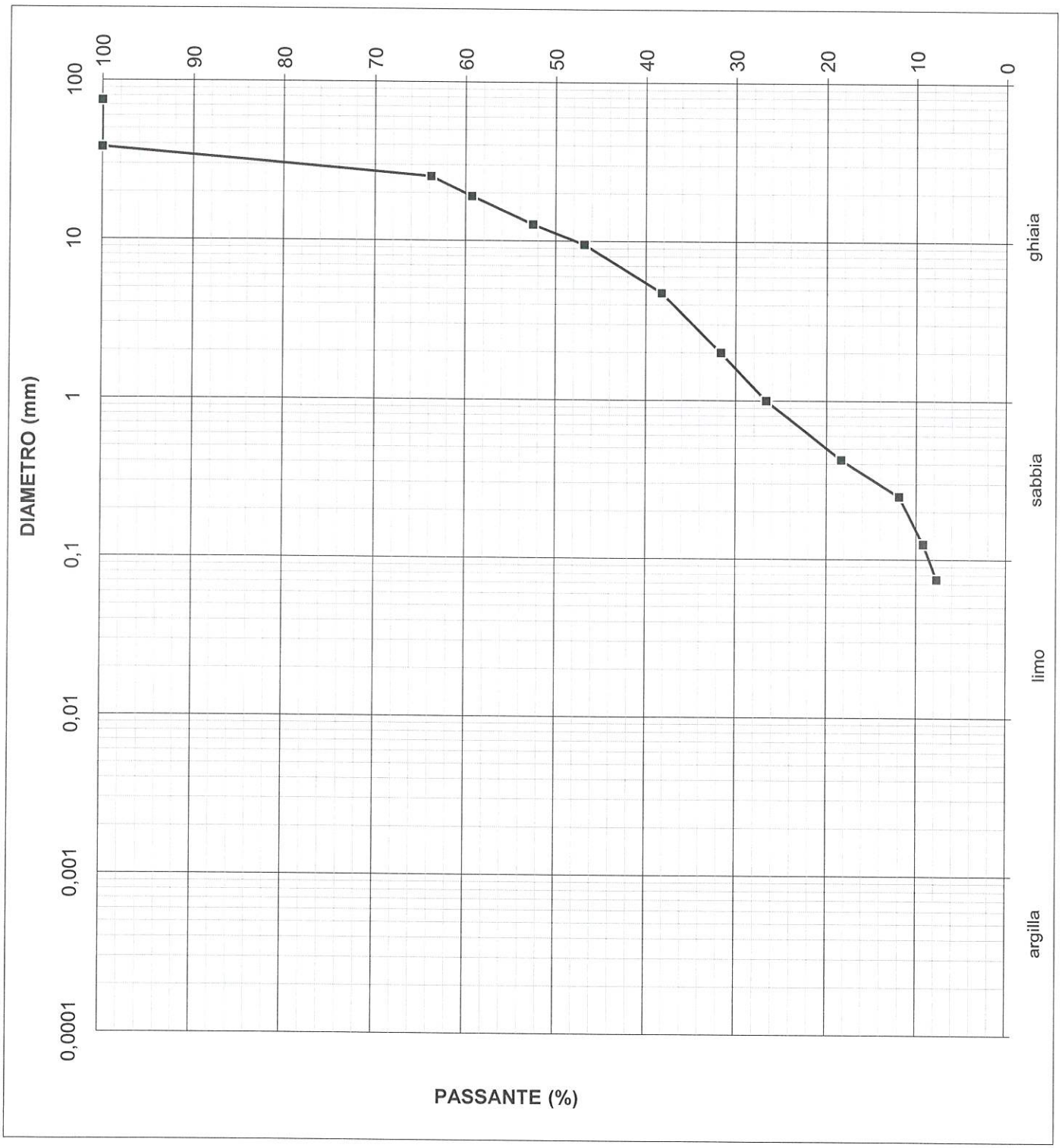
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	61,8
% sabbia	30,5
% limo	7,7
% argilla	

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S2 C.R.7
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.7	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 7
PROFONDITÀ (m): 16,00-17,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S2 C.R.7**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 8
PROFONDITÀ (m): 19,00-20,00
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/3 dark brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S2 C.R.8 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.8	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 8
PROFONDITÀ (m): 19,00-20,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 11/04/2025

massa terreno setacciato (g): 868,47

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	868,47	100,00
38,1	0,00	868,47	100,00
25,4	239,61	628,86	72,41
19,05	381,44	487,03	56,08
12,7	478,92	389,55	44,85
9,5	549,60	318,87	36,72
4,75	621,99	246,48	28,38
2	682,71	185,76	21,39
1	722,73	145,74	16,78
0,425	751,87	116,60	13,43
0,25	785,09	83,38	9,60
0,125	801,47	67,00	7,71
0,075	812,47	56,00	6,45

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.8	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 11/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0
densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

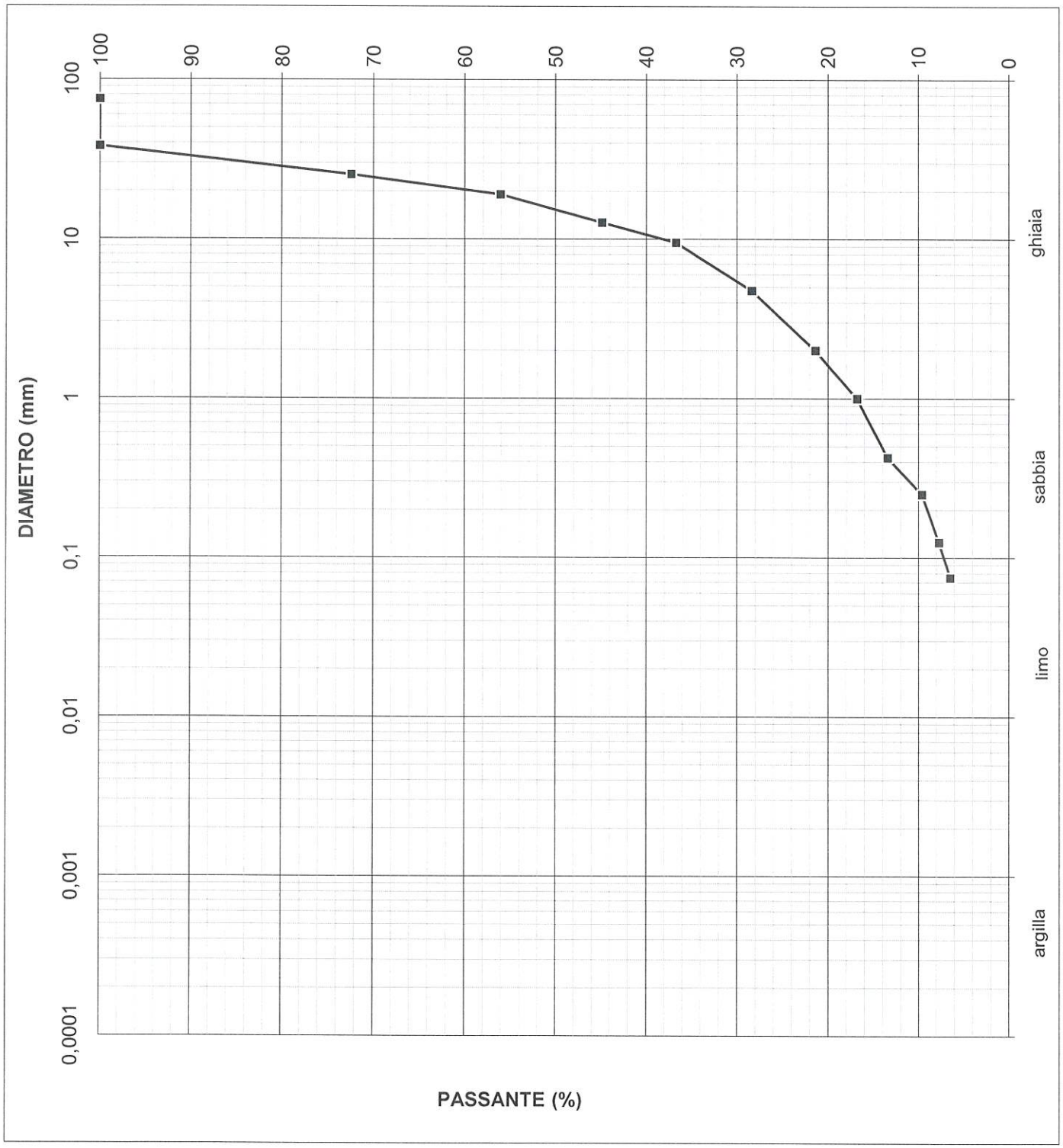
composizione granulometrica	
% ghiaia	71,6
% sabbia	21,9
% limo	6,4
% argilla	

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S2 C.R.8

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S2 C.R.8	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: C.R. 8
PROFONDITÀ (m): 19,00-20,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S2 C.R.8**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 1,00-1,60
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Indisturbato
contenitore: Fustella Metallica tipo Shelby
colore secondo Munsell: *7,5 YR 3/3 Dark Brown*

diametro nominale (mm): 85
lunghezza effettiva (cm): 48
classe di qualità: Q5

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua	X	Triassiale U.U.		Edometria	X
massa volumica naturale	X	Triassiale C.I.U	X	cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani	X	Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto	X	Tagl. Anulare	
Sedimentazione	x	Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo di sabbia limosa , umido al tatto, bassa plasticità, molto consistente.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*
10	200	260	tg1-tg2
20	120	270	tg3
30	130	240	trx1-trx2
40	110	250	trx3
50	260	240	edometro

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 CI1
Sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

ALTO → BASSO

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITA': Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: CI1
PROFONDITA' (m): 1,00-1,60
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

PESO DI VOLUME (UNI CEN ISO/TS 17892-2 - metodo A)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 04/04/2025
Data di esecuzione prove: 07/04/2025

volume (cm^3)	*peso umido (g)*	*test eseguito*	*posizione*
72,00	159,26	provino 1	superiore
72,00	155,93	provino 2	centrale
72,00	151,40	provino 3	inferiore

Peso di volume: ρ 2,16 Mg/m^3
(medio, in condizioni di umidità naturale)

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITA': Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: CI1
PROFONDITA' (m): 1,00-1,60
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

UMIDITA' NATURALE (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 04/04/2025
Data di esecuzione prove: 07/04/2025

peso umido (g)	*peso secco (g)*	*test eseguito*	*posizione*
32,87	28,14	provino 1	superiore
40,55	34,71	provino 2	centrale
43,77	37,50	provino 3	inferiore

Umidità allo stato naturale: **W** 16,78 %

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITA': Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: CI1
PROFONDITA' (m): 1,00-1,60
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

PESO DI VOLUME REALE DEI GRANI (ASTM D854)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 04/04/2025
Data di esecuzione prove: 07/04/2025

	misura I	misura II
picnometro n°	3	7
massa campione (g)	22,66	22,18
massa picnometro + acqua + campione (g)	192,55	190,86
massa picnometro + acqua (g)	178,34	177,51
temperatura (°C)	20,2	20,2
ρ_r *calcolato (Mg/m^3)*	2,677	2,507

peso di volume reale dei granuli: ρ_r 2,59 Mg/m^3

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 1,00-1,60
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

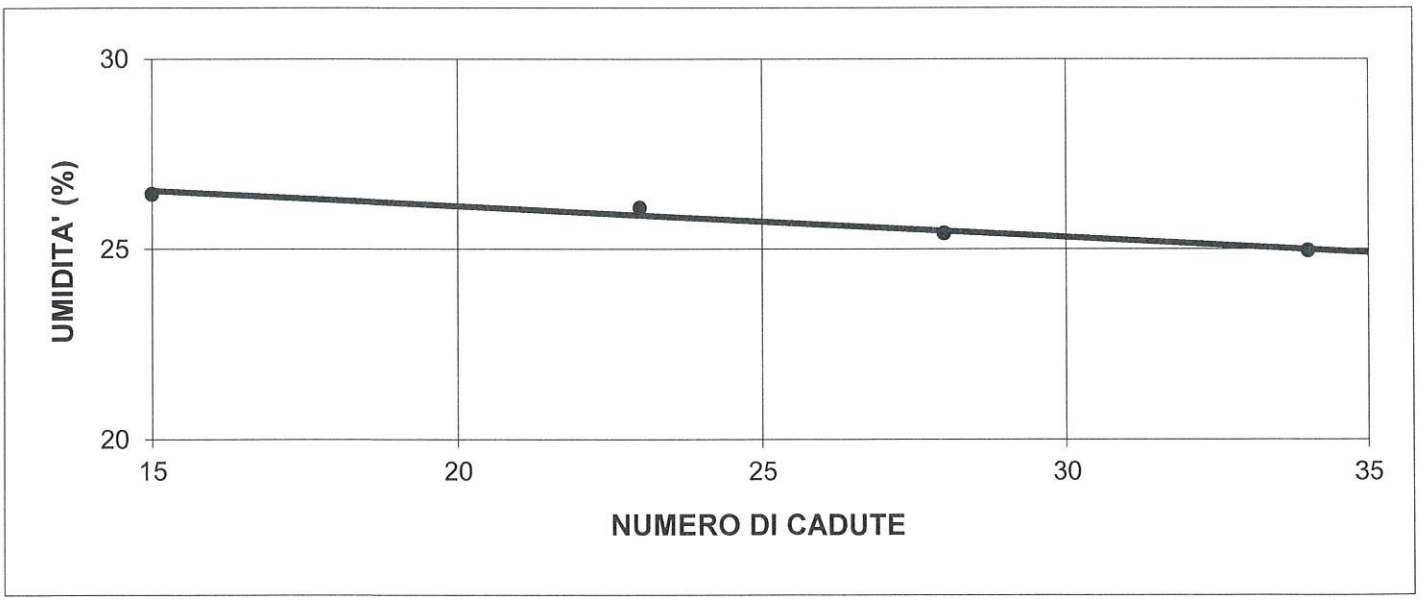
data di esecuzione: 15/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*
15	15,92	12,59	26,45	6,11	5,07	20,51
23	11,60	9,20	26,09	3,42	2,83	20,85
28	12,73	10,15	25,42			
34	16,97	13,58	24,96			

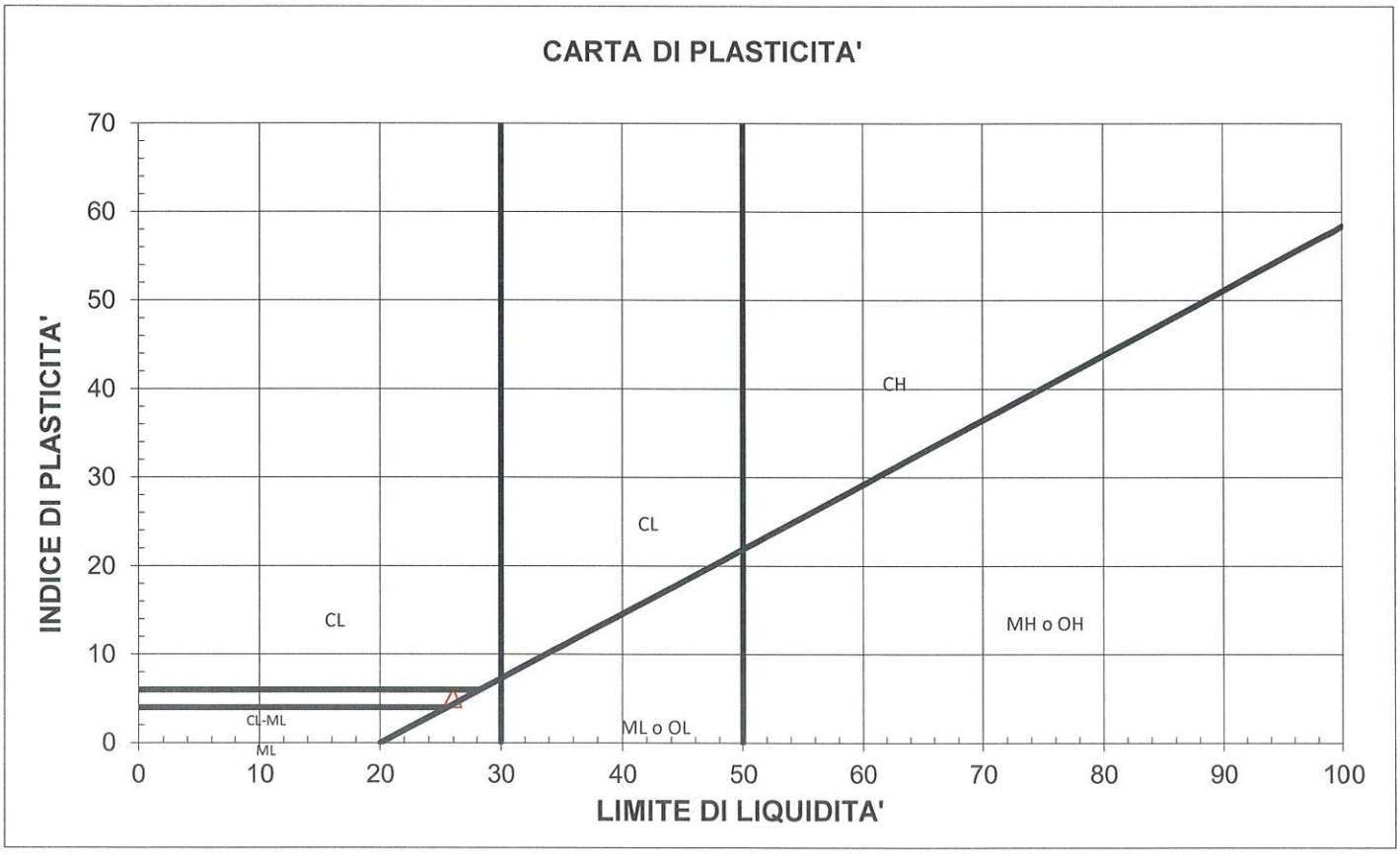
limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**WI**	26	%
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**	21	%
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**	5	



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli



M = limi inorganici
C = argille inorganiche
O = limi e argille organiche

L = basso limite di liquidità
H = alto limite di liquidità

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 1,00-1,60
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 15/04/2025

massa terreno setacciato (g): 384,58

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
38,1	0,00	384,58	100,00
25,4	0,00	384,58	100,00
19,05	0,00	384,58	100,00
12,7	0,00	384,58	100,00
9,5	6,66	377,92	98,27
4,75	20,99	363,59	94,54
2	31,43	353,15	91,83
1	38,88	345,70	89,89
0,425	72,18	312,40	81,23
0,25	98,17	286,41	74,47
0,125	122,71	261,87	68,09
0,075	148,97	235,61	61,26

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 15/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 29,43

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*
30	0,066	25	59,49
60	0,047	23,5	55,11
120	0,034	21,5	49,28
300	0,022	19	41,99
600	0,015	17,5	37,61
1200	0,011	15,5	31,77
2400	0,008	13,5	25,94
4800	0,006	12	21,56
14400	0,003	11	18,65
86400	0,001	10	15,73

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

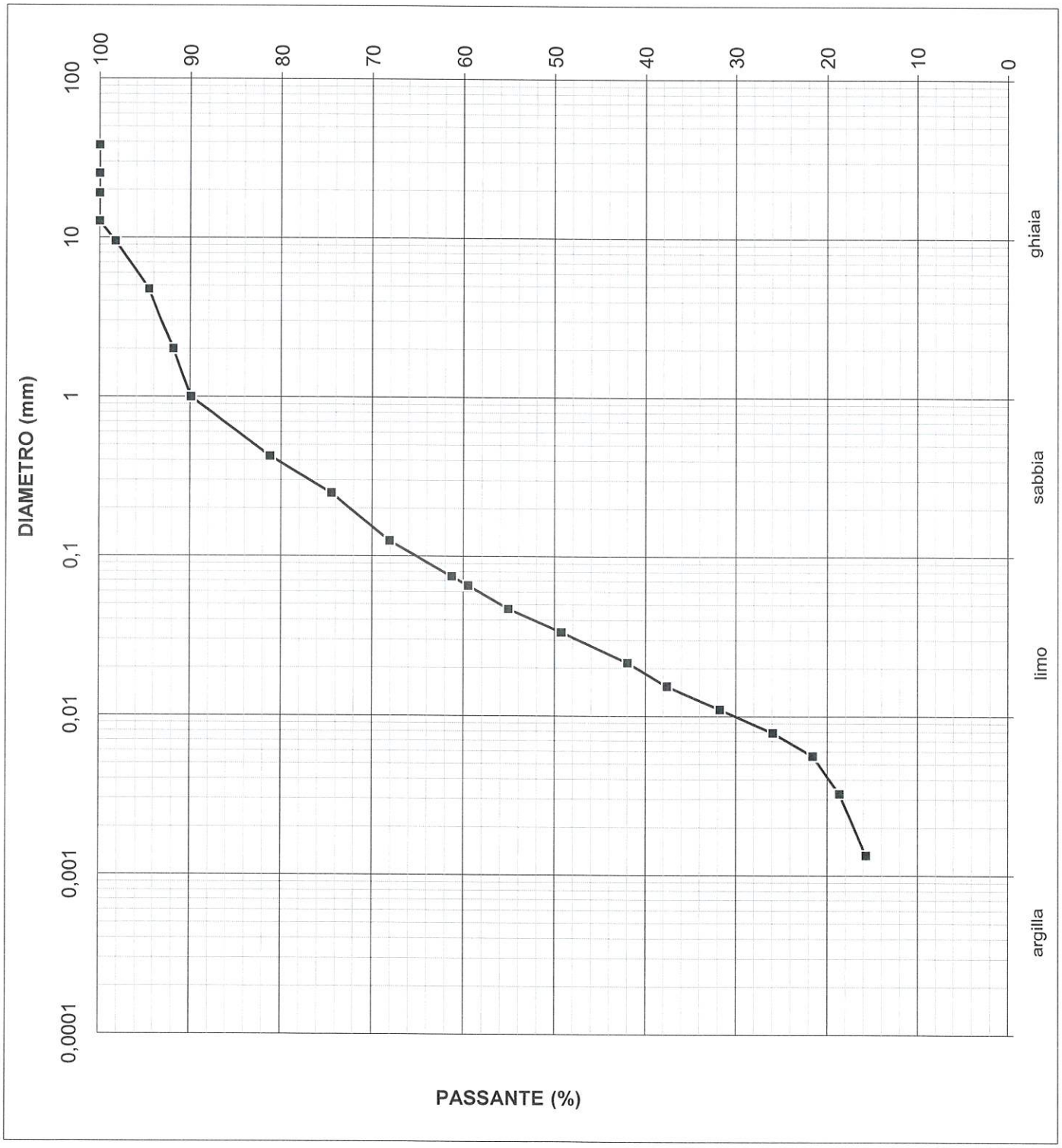
composizione granulometrica	
% ghiaia	5,5
% sabbia	33,3
% limo	40,3
% argilla	20,9

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S3 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025
Data esecuzione prove: 16/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 1,00-1,60
Tipo Campione: Indisturbato tipo Shelby

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATO DRENATO (ASTM D3080-04)

CARATTERISTICHE DEI PROVINI

	sezione (cm^2)	*altezza iniziale* (cm)	*massa iniziale* (g)	*umidità iniziale* (%)	*altezza finale* (cm)	*umidità finale* (%)
provino 1	36,00	2,00	152,16	22,06	1,97	24,81
provino 2	36,00	2,00	144,42	22,14	1,91	25,63
provino 3	36,00	2,00	145,22	22,56	1,87	24,53

DATI DI PROVA: FASE DI ROTTURA

provino 1

carico verticale applicato: 100 kPa
velocità di deformazione: 1,32E-01 µm/s

nota: gli sforzi di taglio sono calcolati tenendo conto della riduzione di area dei provini.

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
0,000	0,000			1,645	-0,110	207	59,1
0,087	-0,010	13	3,5	1,760	-0,120	210	60,2
0,117	-0,020	20	3,5	1,826	-0,120	214	61,3
0,166	-0,020	30	5,4	1,913	-0,120	216	62,0
0,234	-0,040	40	8,3	2,003	-0,120	217	62,5
0,282	-0,040	56	11,2	2,082	-0,120	221	63,5
0,389	-0,050	71	15,7	2,150	-0,120	223	64,3
0,471	-0,050	85	19,9	2,242	-0,130	227	65,4
0,517	-0,060	99	23,8	2,304	-0,120	228	65,8
0,598	-0,060	113	27,7	2,378	-0,120	231	66,9
0,720	-0,070	127	31,6	2,470	-0,130	232	67,3
0,797	-0,070	143	35,6	2,535	-0,130	245	71,0
0,854	-0,080	155	40,1	2,658	-0,120	247	71,9
0,925	-0,080	166	43,7	2,739	-0,120	248	72,3
1,048	-0,080	173	46,7	2,834	-0,120	250	72,8
1,113	-0,090	179	48,8	2,912	-0,120	251	73,2
1,202	-0,090	185	50,8	3,005	-0,120	252	73,6
1,284	-0,100	190	52,5	3,061	-0,120	252	73,7
1,331	-0,100	194	53,9	3,155	-0,120	252	73,8
1,451	-0,100	197	55,2	3,230	-0,120	253	74,3
1,508	-0,110	201	56,0	3,311	-0,110	253	74,4
1,598	-0,110	204	57,3	3,401	-0,110	252	74,2
1,645	-0,110	207	58,1	3,474	-0,110	252	74,3

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**Sperimentatore:**	**Direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S3 CI1**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
3,547	-0,110	252	74,4	4,927	-0,090	233	70,6
3,621	-0,110	251	74,1	5,025	-0,090	232	70,4
3,701	-0,110	250	73,9	5,134	-0,090	231	70,2
3,785	-0,110	248	73,6	5,189	-0,090	231	70,3
3,873	-0,110	246	73,1	5,279	-0,100	230	70,1
3,973	-0,100	246	73,2	5,345	-0,100	229	69,8
4,036	-0,100	245	72,9	5,423	-0,100	229	69,9
4,114	-0,100	244	72,7	5,517	-0,100	228	69,7
4,213	-0,100	243	72,5	5,613	-0,100	228	69,8
4,256	-0,100	240	71,9	5,667	-0,100	228	69,8
4,360	-0,100	240	72,0	5,794	-0,100	228	70,0
4,455	-0,100	239	71,8	5,843	-0,100	227	69,7
4,510	-0,100	238	71,5	5,949	-0,100	227	69,9
4,607	-0,100	237	71,3	6,031	-0,110	225	69,6
4,665	-0,090	236	71,0	6,084	-0,110	225	69,7
4,803	-0,090	235	70,8	6,158	-0,110	225	69,8
4,847	-0,090	235	70,9	6,279	-0,110	224	69,6

provino 2

carico verticale applicato: 200 kPa
velocità di deformazione: 1,35E-01 µm/s

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
0,000	0,000			1,789	-0,470	403	115,4
0,067	-0,166	6	1,5	1,868	-0,468	400	114,7
0,123	-0,233	61	16,9	1,949	-0,469	397	114,1
0,181	-0,268	131	36,5	2,032	-0,472	393	113,1
0,243	-0,295	184	51,2	2,114	-0,471	389	112,0
0,307	-0,315	225	62,8	2,194	-0,471	384	110,6
0,372	-0,331	261	72,9	2,276	-0,471	380	109,6
0,442	-0,343	288	80,7	2,357	-0,474	374	108,1
0,513	-0,357	313	87,8	2,438	-0,474	370	107,1
0,586	-0,366	331	92,9	2,519	-0,474	366	106,0
0,661	-0,375	346	97,3	2,601	-0,476	363	105,4
0,736	-0,380	357	100,5	2,682	-0,476	359	104,3
0,814	-0,390	368	103,8	2,763	-0,478	355	103,3
0,893	-0,398	375	105,8	2,844	-0,478	352	102,6
0,974	-0,408	382	107,9	2,927	-0,479	349	102,0
1,055	-0,418	388	109,6	3,011	-0,482	346	101,3
1,137	-0,427	392	111,0	3,092	-0,481	342	100,2
1,219	-0,436	395	111,9	3,175	-0,483	341	100,0
1,299	-0,442	400	113,6	3,257	-0,483	338	99,3
1,382	-0,452	402	114,2	3,339	-0,486	334	98,2
1,463	-0,456	404	115,1	3,419	-0,489	333	98,0
1,544	-0,461	403	114,9	3,501	-0,490	328	96,9
1,626	-0,464	404	115,4	3,582	-0,493	328	97,0
1,707	-0,467	404	115,6	3,664	-0,495	324	95,9

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 CI1

Sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
3,745	-0,495	322	95,3	5,042	-0,524	288,4	87,5
3,828	-0,497	319	94,6	5,120	-0,525	285,7	86,8
3,908	-0,498	317	94,3	5,201	-0,527	284,3	86,5
3,989	-0,500	315	93,6	5,285	-0,530	281,5	85,8
4,071	-0,501	313	93,4	5,369	-0,531	280,1	85,5
4,153	-0,503	311	92,7	5,450	-0,534	277,4	84,7
4,233	-0,506	308	92,0	5,533	-0,537	276,0	84,5
4,315	-0,507	305	91,3	5,615	-0,538	274,6	84,2
4,397	-0,507	304	91,0	5,697	-0,540	273,2	83,9
4,477	-0,508	301	90,3	5,779	-0,543	270,5	83,1
4,560	-0,512	299	90,0	5,867	-0,544	270,5	83,3
4,643	-0,514	297	89,3	5,951	-0,544	269,1	83,0
4,724	-0,516	295	89,0	6,044	-0,544	269,1	83,1
4,806	-0,518	294	88,8	6,135	-0,544	269,1	83,3
4,884	-0,519	291	88,1	6,221	-0,548	267,7	83,0
4,962	-0,523	288	87,3	6,311	-0,548	267,7	83,1

provino 3

carico verticale applicato: 300 kPa
velocità di deformazione: 1,34E-01 µm/s

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
0,000	0,000			1,939	-0,530	542	155,7
0,082	-0,030	22	6,1	1,996	-0,540	542	155,8
0,123	-0,050	45	12,6	2,099	-0,550	544	156,5
0,195	-0,070	74	20,7	2,186	-0,560	544	156,7
0,273	-0,090	125	34,9	2,273	-0,570	544	157,0
0,357	-0,110	173	48,3	2,311	-0,580	545	157,5
0,406	-0,150	211	59,1	2,415	-0,590	544	157,3
0,488	-0,180	251	70,4	2,508	-0,600	542	157,2
0,608	-0,210	303	85,1	2,579	-0,600	540	156,6
0,671	-0,220	349	98,0	2,627	-0,600	537	155,9
0,747	-0,230	387	108,9	2,739	-0,600	533	155,0
0,816	-0,250	413	116,4	2,792	-0,600	529	154,0
0,880	-0,270	442	124,6	2,883	-0,610	523	152,6
0,982	-0,290	467	131,8	2,989	-0,610	518	151,3
1,046	-0,310	487	137,8	3,035	-0,610	512	149,8
1,160	-0,330	501	141,9	3,130	-0,610	505	148,1
1,206	-0,350	512	145,2	3,195	-0,620	498	146,2
1,277	-0,370	522	148,1	3,320	-0,620	491	144,5
1,372	-0,390	527	149,9	3,359	-0,620	485	142,6
1,466	-0,410	531	151,3	3,481	-0,620	479	141,3
1,516	-0,430	548	156,1	3,565	-0,630	474	139,9
1,607	-0,450	537	153,2	3,623	-0,630	468	138,4
1,676	-0,470	538	153,8	3,680	-0,630	463	136,9
1,805	-0,490	540	154,5	3,769	-0,630	457	135,5
1,872	-0,510	541	155,1	3,882	-0,630	452	134,1

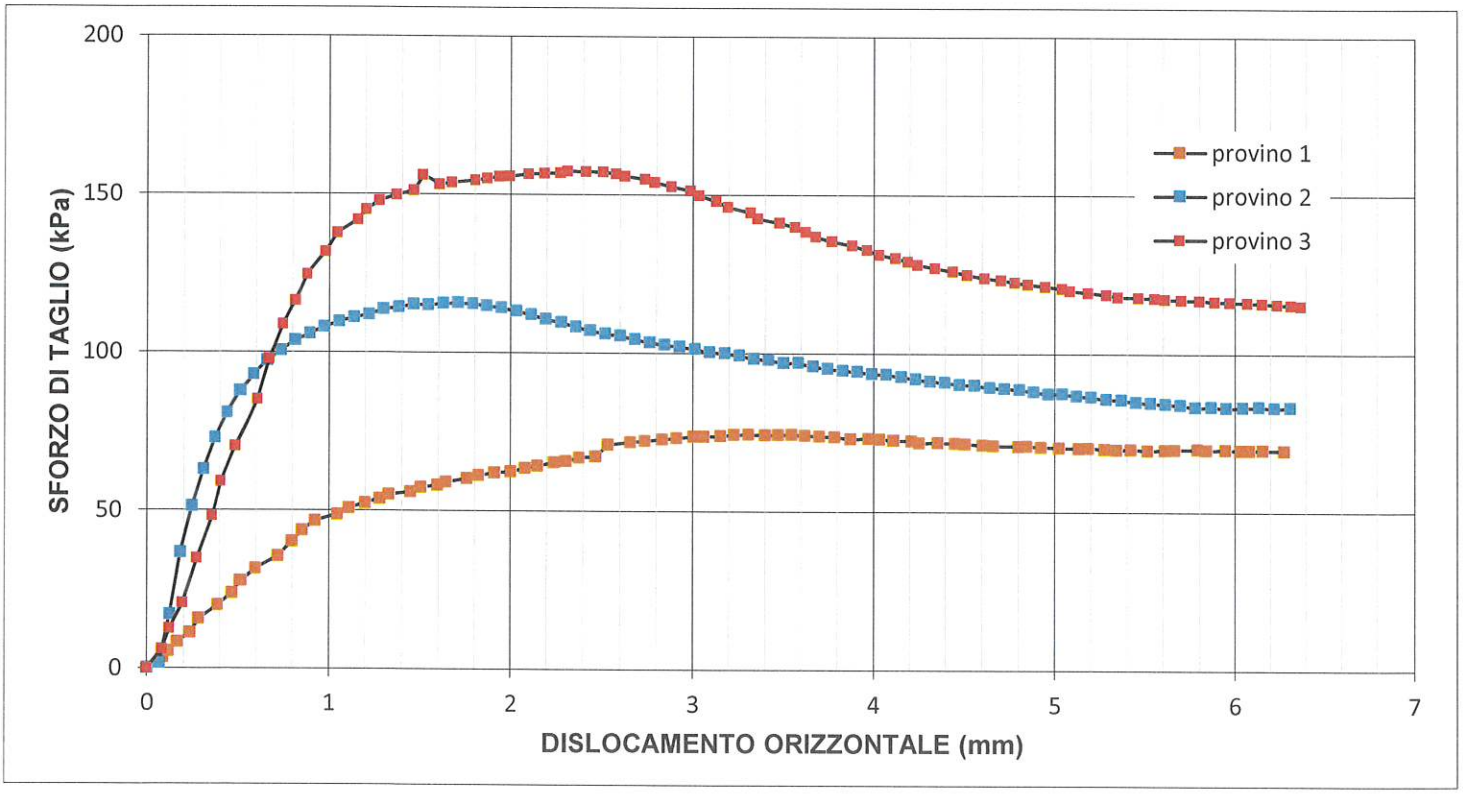
commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**Sperimentatore:**	**Direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S3 CI1**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

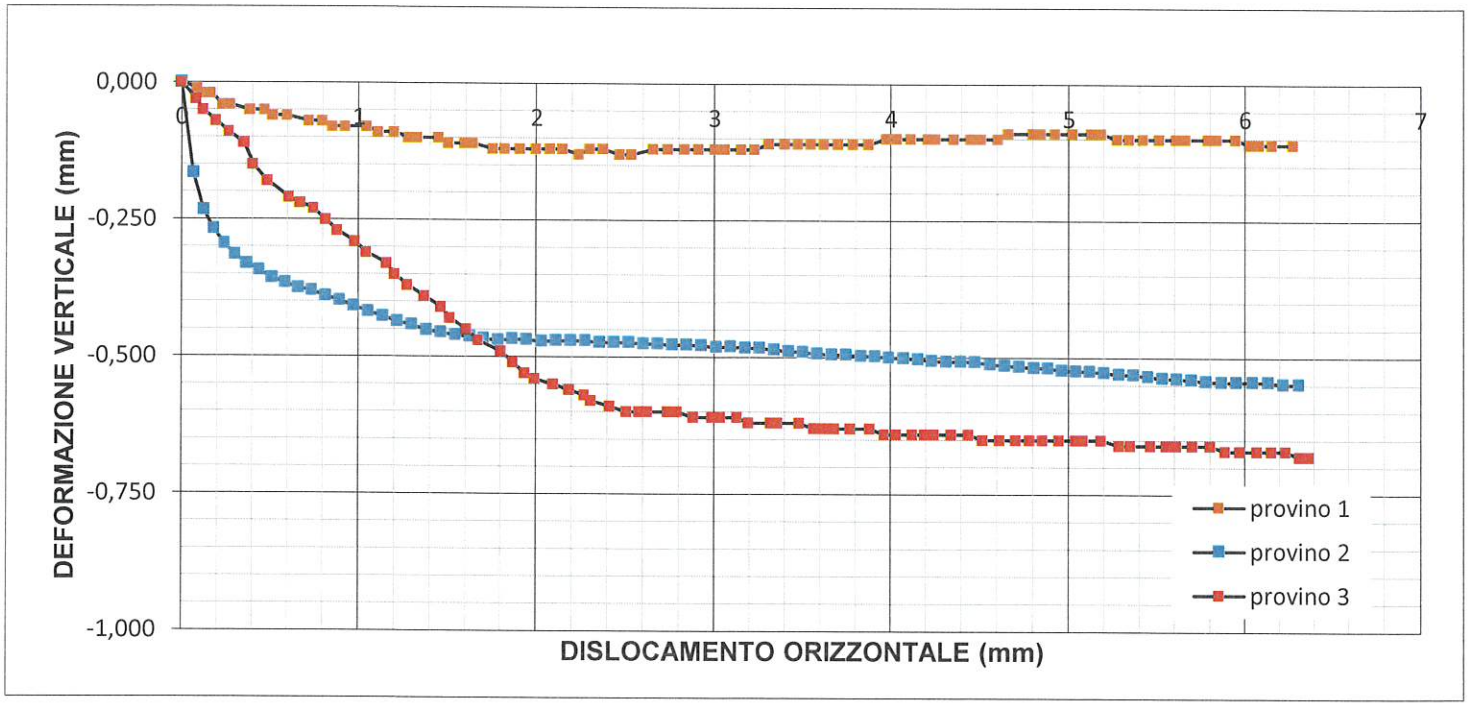
dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
3,963	-0,640	446	132,7	5,188	-0,650	393	119,4
4,032	-0,640	441	131,2	5,289	-0,660	390	118,8
4,123	-0,640	437	130,2	5,351	-0,660	387	118,1
4,192	-0,640	432	129,1	5,466	-0,660	386	117,9
4,246	-0,640	428	128,0	5,556	-0,660	384	117,7
4,345	-0,640	424	127,0	5,614	-0,660	383	117,4
4,443	-0,640	420	126,0	5,704	-0,660	382	117,1
4,521	-0,650	416	125,0	5,804	-0,660	380	116,9
4,616	-0,650	412	123,9	5,888	-0,670	379	116,7
4,707	-0,650	409	123,3	5,972	-0,670	378	116,5
4,783	-0,650	406	122,7	6,073	-0,670	376	116,3
4,855	-0,650	404	122,0	6,155	-0,670	375	116,0
4,948	-0,650	401	121,4	6,238	-0,670	373	115,8
5,042	-0,650	398	120,7	6,316	-0,680	372	115,5
5,085	-0,650	395	120,0	6,371	-0,680	371	115,2

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 CI1

Sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

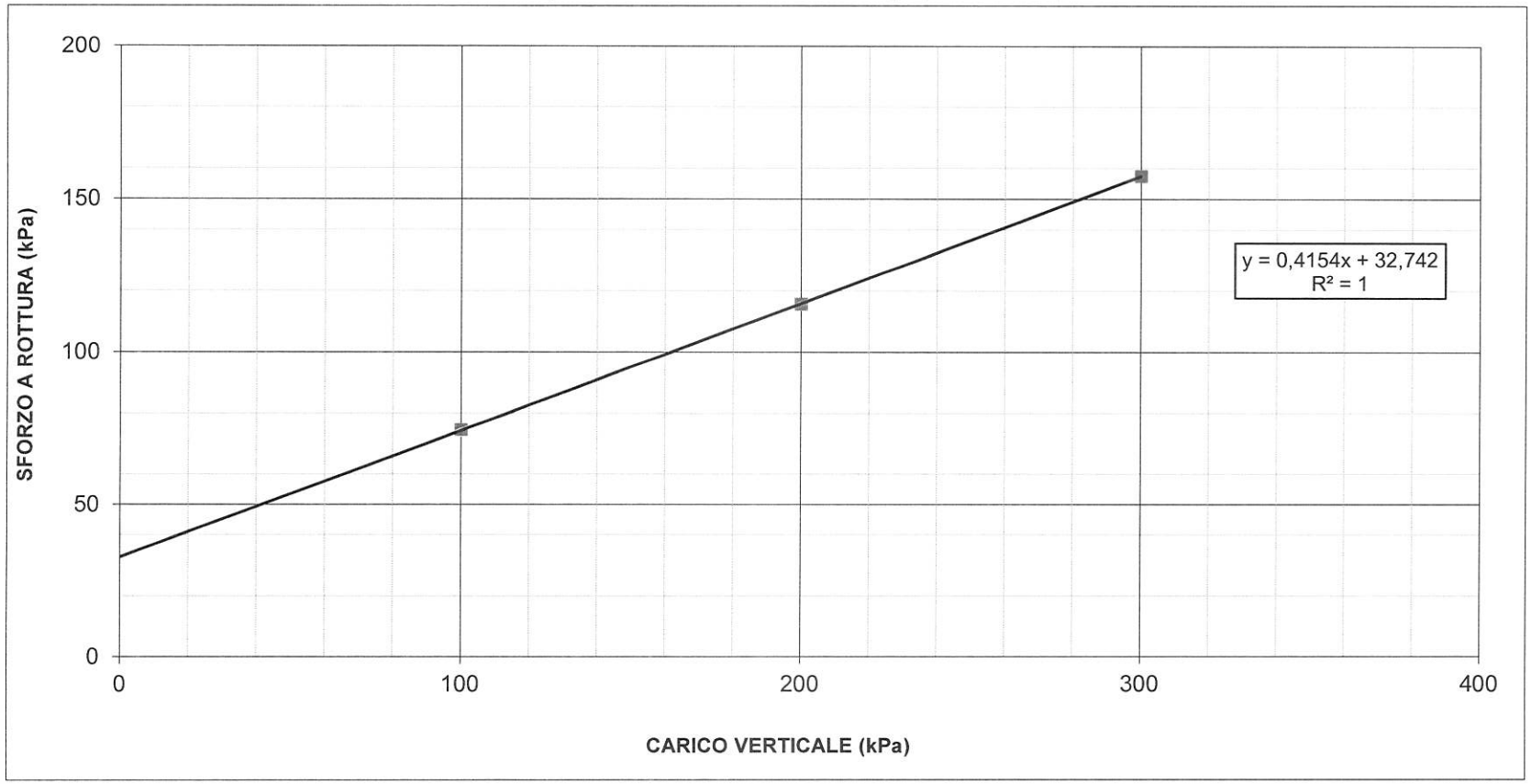
Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli





commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

certificato di prova n° 494/25 Del 23/04/2025 - proposta di interpretazione



CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: CI1

provino	1	2	3
carico verticale (kPa)	100	200	300
sforzo di taglio (kPa)	74,4	115,6	157,5

c' (kPa) = 32,7

ϕ' (° sessadecimali) = 22,6

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 1,00-1,60
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CONSOLIDATA ISOTROPICAMENTE NON DRENATA (UNI CEN ISO/TS 17892/9)

CARATTERISTICHE DEI PROVINI

	sezione (cm^2)	*altezza iniziale* (cm)	*massa iniziale* (g)	*umidità iniziale* (%)
provino 1	11,34	7,60	180,44	15,73
provino 2	11,34	7,60	183,68	15,45
provino 3	11,34	7,60	180,00	15,40

	altezza finale (cm)	*massa finale* (g)	*volume finale* (cm^3)	*umidità finale* (%)
provino 1	6,58	169,41	85,63	19,71
provino 2	6,58	169,17	85,51	17,97
provino 3	6,58	168,43	85,41	18,89

SIMBOLOGIA ADOTTATA

σ_1 = pressione assiale
σ'_1 = pressione assiale efficace
BP = contropressione
B = parametro di Skempton
dH = deformazione assiale
A_c = area corretta
σ_3 = pressione di confinamento
σ'_3 = pressione di confinamento efficace
dU = variazione di pressione interstiziale
dF = variazione di forza assiale
ΔV = variazione di volume

DATI DI PROVA: FASE DI SATURAZIONE

provino 1 *data di esecuzione:* 21/04/2025

σ_3 *iniziale (kPa)*	σ_3 *finale (kPa)*	*BP (kPa)*	*dU iniziale (kPa)*	*dU finale (kPa)*	*B*
0	50	0	0,0	33,2	0,664
50	50	45	33,2	54,8	
50	100	45	54,8	87,9	0,662
100	100	95	87,9	115,7	
100	150	95	115,7	164,5	0,976
150	195	95	164,5	209,4	0,998

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

provino 2 *data di esecuzione:* 21/04/2025

σ_3 iniziale (kPa)	σ_3 finale (kPa)	BP (kPa)	dU iniziale (kPa)	dU finale (kPa)	B
0	50	0	0,0	30,8	0,616
50	50	45	30,8	52,6	
50	100	45	52,6	85,4	0,656
100	100	95	85,4	115,6	
100	150	95	115,6	164,8	0,984
150	295	95	164,8	305,6	0,971

provino 3 *data di esecuzione:* 21/04/2025

σ_3 iniziale (kPa)	σ_3 finale (kPa)	BP (kPa)	dU iniziale (kPa)	dU finale (kPa)	B
0	50	0	0,0	32,8	0,656
50	50	45	32,8	52,6	
50	100	45	52,6	84,5	0,638
100	100	95	84,5	115,4	
100	150	95	115,4	164,8	0,988
150	395	95	164,8	403,2	0,973

DATI DI PROVA: FASE DI CONSOLIDAZIONE

provino 1
data di esecuzione: 22-23/04/2025

pressione di confinamento: 195 kPa
contropressione: 95 kPa

tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)
0	0,00	60	0,18	900	0,33	14400	0,47
6	0,04	120	0,22	1800	0,37	28800	0,49
15	0,09	240	0,25	3600	0,42	86400	0,53
30	0,14	480	0,29	7200	0,45	172800	0,55

provino 2
data di esecuzione: 22-23/04/2025

pressione di confinamento: 295 kPa
contropressione: 95 kPa

tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)	tempo (s)	ΔV (cm^3)
0	0,00	60	0,22	900	0,45	14400	0,60
6	0,07	120	0,28	1800	0,49	28800	0,63
15	0,11	240	0,34	3600	0,53	86400	0,65
30	0,17	480	0,41	7200	0,56	172800	0,67

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

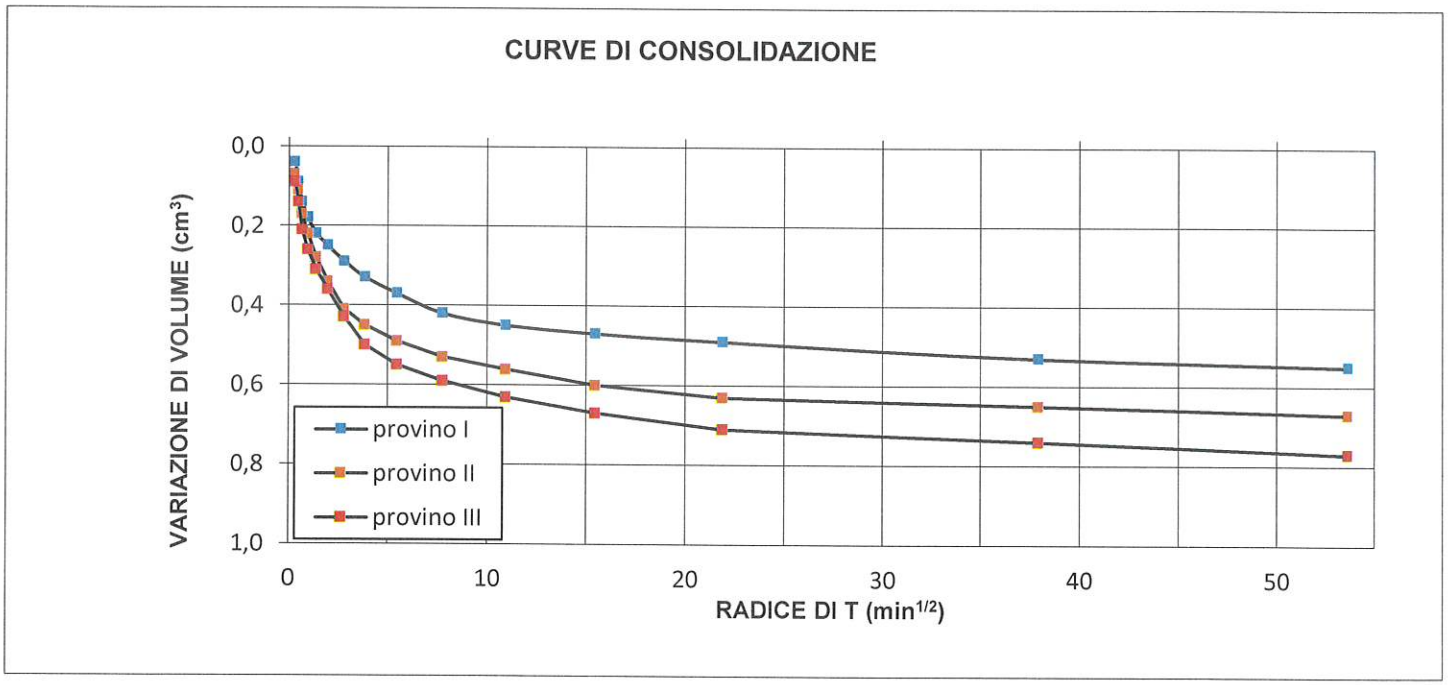
CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

provino 3
data di esecuzione: 22-23/04/2025

pressione di confinamento: 395 kPa
contropressione: 95 kPa

tempo (s)	*Δ V (cm³)*	*tempo (s)*	*Δ V (cm³)*	*tempo (s)*	*Δ V (cm³)*	*tempo (s)*	*Δ V (cm³)*
0	0,00	60	0,26	900	0,50	14400	0,67
6	0,09	120	0,31	1800	0,55	28800	0,71
15	0,14	240	0,36	3600	0,59	86400	0,74
30	0,21	480	0,43	7200	0,63	172800	0,77



commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

DATI DI PROVA: FASE DI ROTTURA

provino 1			*velocità di deformazione:*	8,3	µm/s
data di esecuzione:	24/04/2025		*pressione di confinamento:*	195	kPa
altezza iniziale:	75,84	mm	*contropressione:*	95	kPa

dH (mm)	*dH (%)*	*A_c (cm^2)*	*dF (N)*	*$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)*	*dU (kPa)*
0,00	0,00	11,29	0	0,0	0,0
0,12	0,15	11,31	5	0,0	4,4
0,43	0,56	11,36	16	2,1	12,0
0,66	0,86	11,39	28	5,5	18,8
0,80	1,05	11,41	58	26,0	24,8
0,95	1,26	11,44	94	55,4	26,9
1,24	1,64	11,48	124	81,1	27,2
1,43	1,88	11,51	150	104,4	26,3
1,62	2,13	11,54	171	121,6	27,0
1,79	2,36	11,56	201	146,5	27,1
2,03	2,68	11,60	234	174,0	27,3
2,28	3,00	11,64	254	190,9	27,0
2,45	3,23	11,67	270	203,9	27,2
2,62	3,46	11,70	286	217,0	27,2
2,84	3,74	11,73	300	228,6	27,1
3,05	4,02	11,77	310	236,4	27,1
3,24	4,27	11,80	321	244,4	27,6
3,41	4,49	11,82	331	252,4	27,5
3,63	4,79	11,86	340	259,8	27,1
3,79	5,00	11,89	346	263,9	27,3
4,04	5,32	11,93	351	266,8	27,6
4,23	5,57	11,96	354	268,9	27,6
4,49	5,92	12,00	358	271,1	27,1
4,62	6,09	12,02	361	273,2	27,2
4,87	6,42	12,07	364	274,3	27,2
5,07	6,69	12,10	366	275,4	27,2
5,31	7,00	12,14	368	276,2	26,8
5,50	7,26	12,18	370	276,3	27,2
5,75	7,58	12,22	371	276,7	27,2
5,86	7,73	12,24	373	277,8	26,9
6,15	8,11	12,29	375	277,9	27,0
6,35	8,37	12,32	375	277,0	27,7
6,56	8,65	12,36	376	276,7	27,7
6,74	8,89	12,39	377	277,3	27,1
7,05	9,30	12,45	378	276,7	26,9
7,16	9,44	12,47	379	276,2	27,6
7,37	9,71	12,51	380	276,4	27,2
7,58	9,99	12,54	381	275,7	27,7
7,73	10,19	12,57	381	275,1	27,5
7,95	10,49	12,61	381	275,5	26,9
8,25	10,88	12,67	381	274,0	27,0
8,40	11,07	12,70	381	272,8	27,5
8,61	11,35	12,74	382	272,7	27,3
8,88	11,71	12,79	382	271,7	27,1

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
9,01	11,87	12,81	383	271,5	27,4
9,27	12,22	12,86	382	270,1	27,0
9,51	12,54	12,91	382	268,7	27,3
9,68	12,76	12,94	381	267,2	27,4
9,87	13,02	12,98	381	266,8	26,9
10,02	13,21	13,01	381	264,8	27,7
10,28	13,55	13,06	380	263,1	27,6
10,49	13,83	13,10	379	261,8	27,3
10,68	14,08	13,14	378	260,3	27,4
10,89	14,36	13,18	377	258,7	27,3
11,19	14,75	13,25	376	257,0	27,1
11,40	15,03	13,29	375	255,5	27,1

provino 2
data di esecuzione: 24/04/2025
altezza iniziale: 75,80 mm

velocità di deformazione: 8,3 µm/s
pressione di confinamento: 295 kPa
contropressione: 95 kPa

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
0,00	0,00	11,29	0	0,0	0,0
0,14	0,19	11,31	8	4,8	2,6
0,41	0,54	11,35	15	8,3	4,6
0,65	0,86	11,39	30	19,7	6,9
0,80	1,05	11,41	45	30,4	9,1
0,94	1,23	11,43	72	51,6	11,1
1,22	1,61	11,48	111	83,8	13,2
1,40	1,85	11,50	142	107,8	15,3
1,63	2,15	11,54	172	131,6	17,5
1,78	2,35	11,56	203	156,4	19,5
2,02	2,67	11,60	245	189,4	21,6
2,27	2,99	11,64	274	212,0	23,6
2,47	3,26	11,67	307	237,6	25,7
2,64	3,48	11,70	330	254,6	27,7
2,87	3,79	11,74	356	273,5	29,9
3,05	4,03	11,77	383	293,5	31,8
3,26	4,30	11,80	402	306,9	33,8
3,44	4,54	11,83	428	325,7	36,0
3,62	4,77	11,86	450	341,3	38,1
3,79	5,00	11,89	475	359,1	40,2
4,05	5,35	11,93	493	371,3	42,0
4,23	5,58	11,96	513	385,1	44,1
4,53	5,97	12,01	531	396,0	46,1
4,63	6,11	12,03	547	406,9	48,2
4,89	6,45	12,07	562	415,5	50,2
5,08	6,70	12,10	577	424,4	52,3
5,29	6,97	12,14	591	432,3	54,3
5,52	7,28	12,18	601	436,8	56,4
5,75	7,58	12,22	611	441,5	58,5
5,88	7,76	12,24	618	444,4	60,7
6,15	8,12	12,29	626	446,4	62,7
6,34	8,36	12,32	632	453,5	59,4

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
6,58	8,68	12,37	639	459,6	57,5
6,71	8,85	12,39	645	460,0	60,6
7,01	9,25	12,44	650	463,6	59,2
7,17	9,45	12,47	656	467,4	58,7
7,39	9,75	12,51	661	466,3	62,4
7,57	9,98	12,54	665	468,1	62,2
7,75	10,22	12,58	670	471,0	61,5
7,94	10,47	12,61	673	472,6	60,6
8,27	10,90	12,67	675	472,0	60,8
8,44	11,13	12,71	677	471,7	61,2
8,60	11,34	12,74	679	471,6	61,5
8,89	11,72	12,79	678	468,3	61,8
9,02	11,90	12,82	677	466,5	61,8
9,29	12,25	12,87	676	463,3	62,2
9,51	12,54	12,91	675	460,4	62,6
9,68	12,76	12,94	674	458,6	62,5
9,85	12,99	12,98	673	456,3	62,6
10,05	13,25	13,02	672	453,7	62,2
10,32	13,61	13,07	670	450,2	62,2
10,50	13,85	13,11	668	447,5	62,1
10,66	14,06	13,14	666	444,9	62,0
10,90	14,37	13,19	663	440,9	62,1
11,17	14,72	13,24	661	436,7	62,2

provino 3
data di esecuzione: 24/04/2025
altezza iniziale: 75,77 mm

velocità di deformazione: 8,3 µm/s
pressione di confinamento: 395 kPa
contropressione: 95 kPa

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
0,00	0,00	11,29	0	0,0	0,0
0,14	0,18	11,31	18	13,6	2,4
0,41	0,53	11,35	38	26,9	6,4
0,66	0,87	11,39	67	50,5	8,4
0,76	1,00	11,41	104	77,7	13,6
0,91	1,20	11,43	141	107,0	16,4
1,23	1,62	11,48	182	139,2	19,6
1,40	1,85	11,50	213	162,7	22,7
1,63	2,15	11,54	249	185,7	29,6
1,79	2,36	11,56	279	211,2	29,7
2,05	2,71	11,61	317	239,8	33,7
2,25	2,97	11,64	346	260,3	36,7
2,45	3,23	11,67	380	284,8	40,9
2,64	3,48	11,70	419	314,1	43,8
2,87	3,78	11,74	450	336,4	46,9
3,08	4,06	11,77	488	365,2	49,9
3,25	4,28	11,80	523	390,4	52,9
3,41	4,50	11,82	552	410,9	56,1
3,66	4,83	11,86	581	429,3	60,0
3,82	5,04	11,89	599	442,0	62,1
4,06	5,35	11,93	622	455,1	66,0

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

dH (mm)	dH (%)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dU (kPa)
4,24	5,59	11,96	646	472,0	68,0
4,48	5,91	12,00	677	492,9	71,1
4,65	6,13	12,03	695	503,6	74,1
4,86	6,41	12,06	710	511,7	77,1
5,09	6,71	12,10	725	518,8	80,2
5,29	6,98	12,14	740	526,7	83,3
5,52	7,27	12,18	755	536,8	83,3
5,76	7,59	12,22	776	550,6	84,3
5,87	7,74	12,24	791	560,7	85,8
6,15	8,11	12,29	807	572,9	83,6
6,37	8,39	12,33	818	579,7	83,9
6,54	8,63	12,36	828	586,1	84,1
6,72	8,86	12,39	839	590,9	85,8
7,04	9,28	12,45	850	596,9	85,7
7,16	9,44	12,47	861	604,8	85,6
7,39	9,75	12,51	871	609,7	86,6
7,57	9,98	12,54	882	618,7	84,7
7,76	10,23	12,58	893	622,9	86,7
7,95	10,48	12,61	902	628,8	86,4
8,24	10,87	12,67	913	634,0	86,9
8,41	11,09	12,70	925	642,1	85,8
8,64	11,39	12,74	931	644,1	86,8
8,85	11,67	12,78	937	648,1	85,2
9,03	11,91	12,82	943	649,6	86,5
9,29	12,25	12,87	945	648,1	86,4
9,49	12,52	12,91	947	647,4	86,2
9,67	12,75	12,94	949	646,5	86,4
9,87	13,01	12,98	950	645,2	86,8
10,01	13,20	13,01	951	643,9	87,3
10,28	13,56	13,06	950	640,3	87,2
10,48	13,81	13,10	950	637,8	87,5
10,69	14,10	13,14	949	634,6	87,7
10,90	14,37	13,19	949	632,5	87,5
11,19	14,76	13,25	949	628,5	87,6

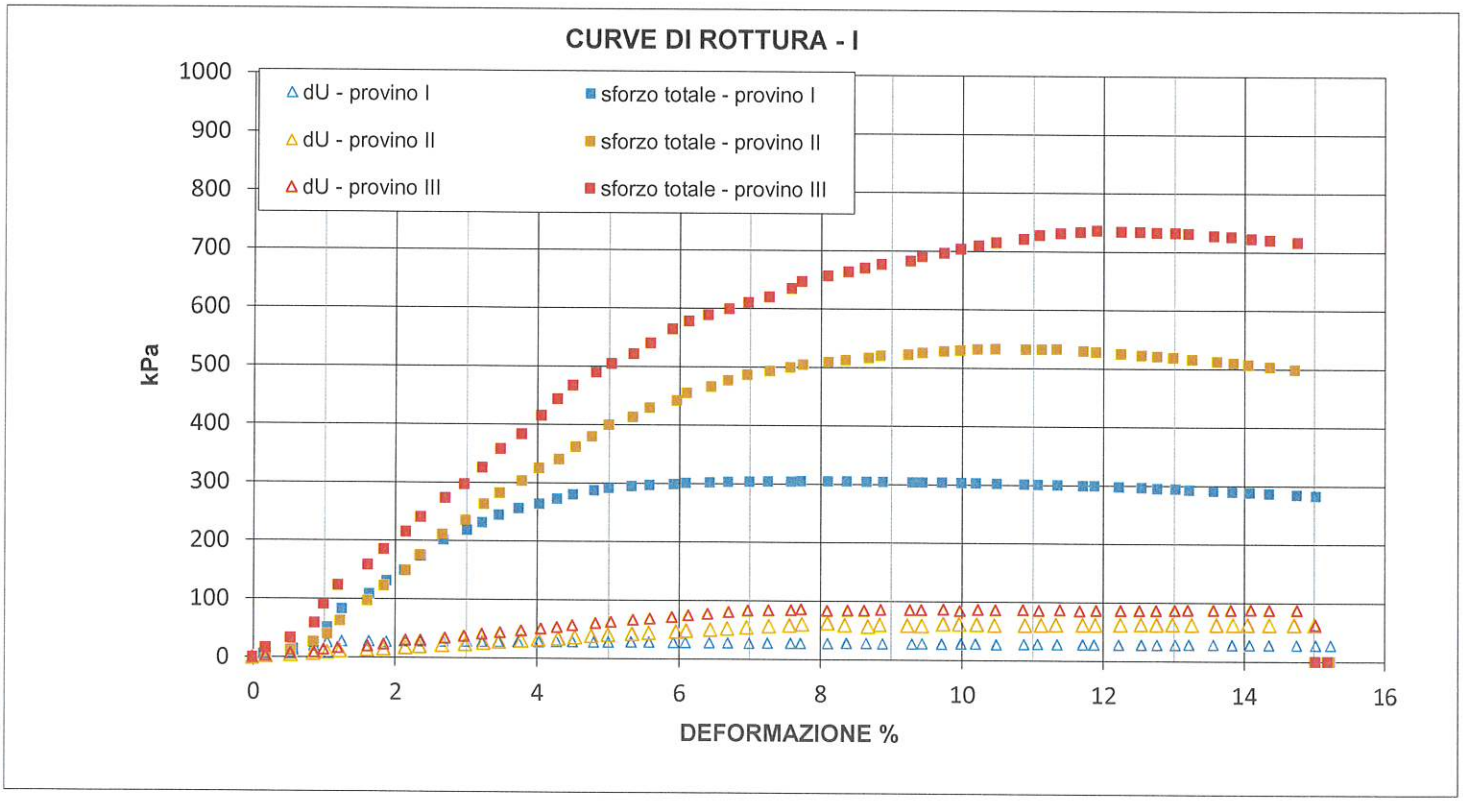
commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 CI1

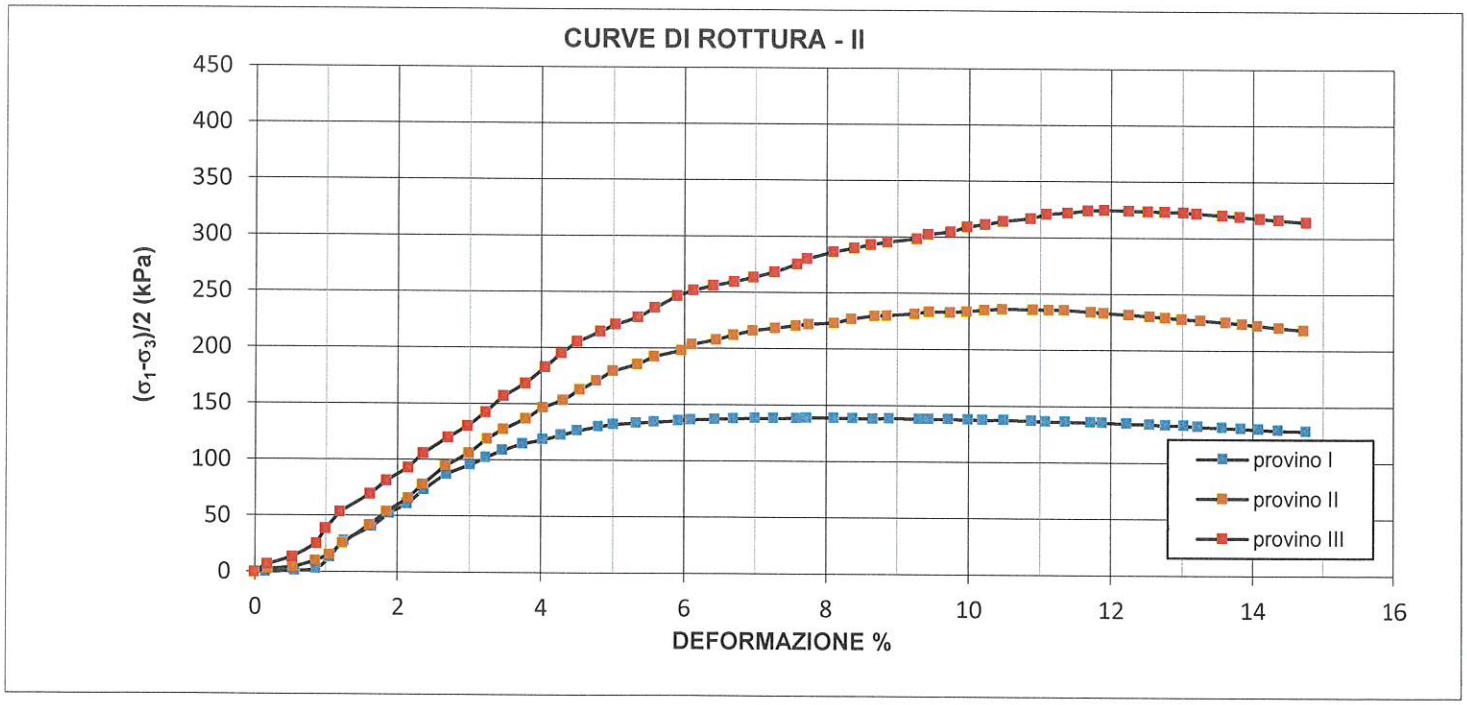
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it

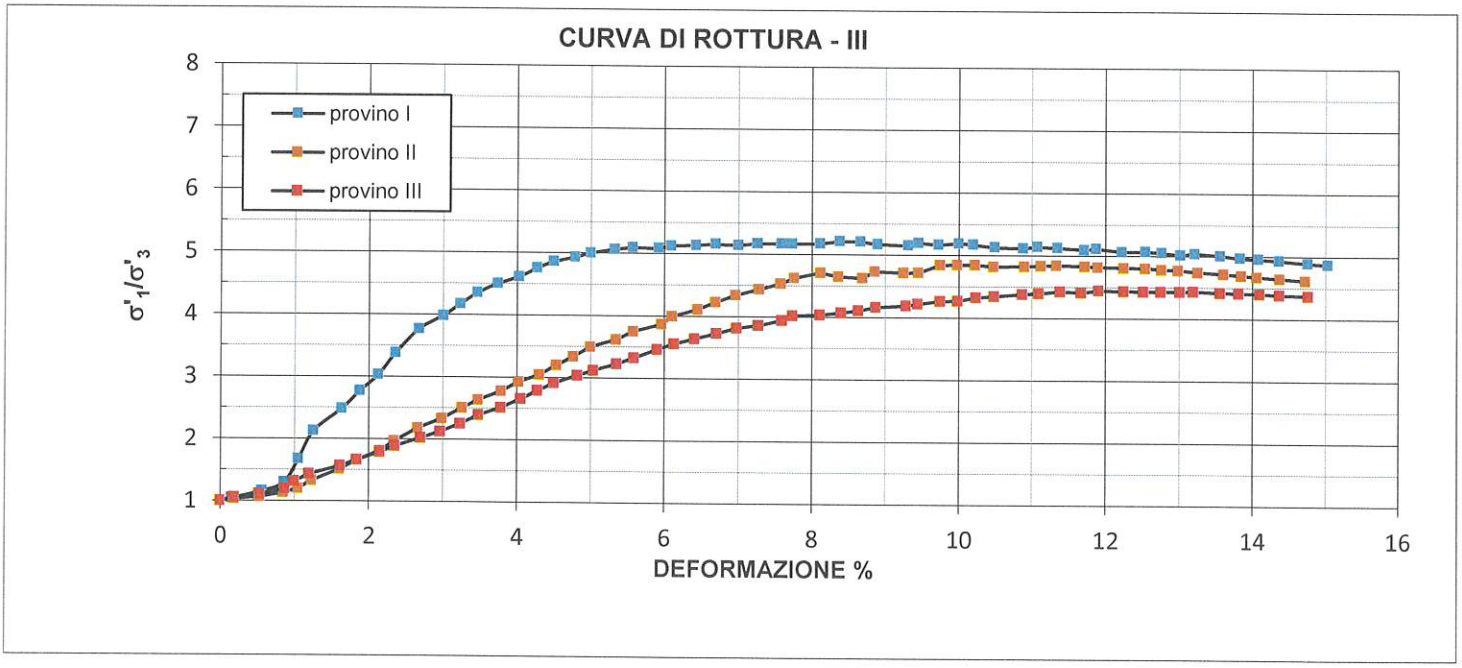




commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

CGG s.r.l.

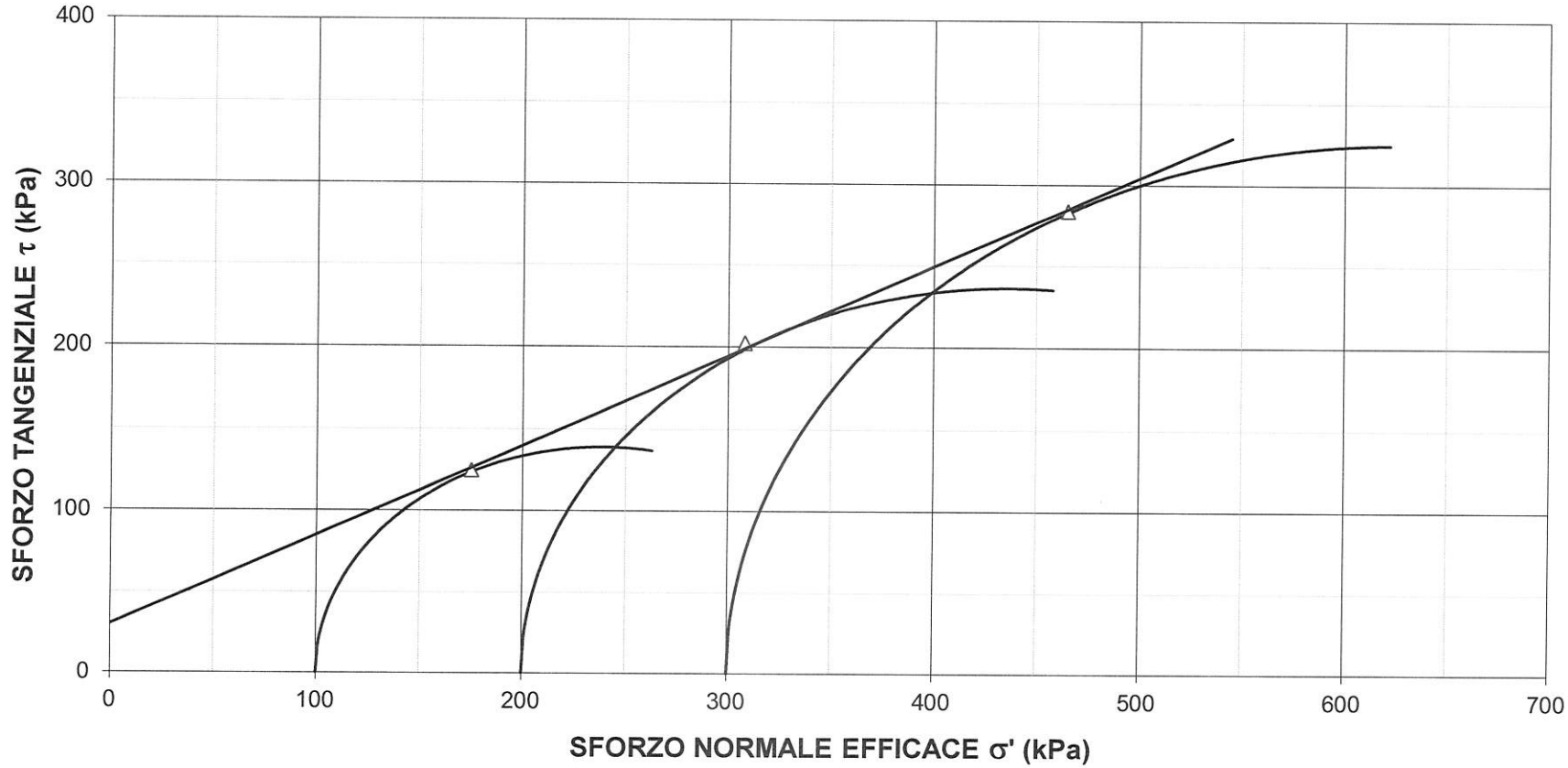
Sede legale laboratorio materiali e geotecnico: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091
www.cgg.it - info@cgg.it



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

certificato di prova n° 495/25 del 23/04/2025 proposta di interpretazione

INVILUPPO DI ROTTURA SECONDO MOHR-COULOMB



commessa: 030/25 **sondaggio:** S3 **campione:** CI1

provino	1	2	3
X	175,2	308,0	465,0
Y	124,5	202,0	283,6

c' (kPa) = 30,1
ϕ' (° sessadecimali) = 28,7

COMMITTENTE: Georem srl
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
LOCALITÀ: Vignate (MI)
Data ricevimento campione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ: 1,00-1,60
Data esecuzione prove: 14/04-30/04/2025

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (ASTM D2435)

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

sezione	2,16	cm^2	*indice dei vuoti iniziale*	-0,838	
altezza iniziale	20,00	mm	*altezza ridotta*	123,497	mm
massa iniziale	82,16	g	*altezza finale*	18,11	mm
umidità iniziale	16,58	%	*umidità finale*	17,44	%
peso specifico dei granuli	2,71	Mg/m^3	*massa secca finale*	72,29	g

DATI DI PROVA

data inizio	*carico (kPa)*	*altezza (mm)*	*dH (mm)*	*indice vuoti*	*dH/H 0 (%)*	*m v (kPa -1)*	*E ed (kPa)*
14/04/2025	5	20,000	0,000	-0,838	0,000		
15/04/2025	12	19,880	0,120	-0,839	0,600	8,451E-04	1,183E+03
16/04/2025	25	19,760	0,240	-0,840	1,200	4,918E-04	2,033E+03
17/04/2025	49	19,620	0,380	-0,841	1,900	2,857E-04	3,500E+03
18/04/2025	98	19,430	0,570	-0,843	2,850	1,939E-04	5,158E+03
19/04/2025	196	19,200	0,800	-0,845	4,000	1,173E-04	8,522E+03
data inizio	*carico (kPa)*	*altezza (mm)*	*dH (mm)*	*indice vuoti*	*dH/H 0 (%)*	*c s (kPa -1)*	*SR (kPa -1)*
20/04/2025	98	19,230	0,770	-0,844	3,850	8,070E-04	0,498
21/04/2025	49	19,260	0,740	-0,844	3,700	8,070E-04	0,498
data inizio	*carico (kPa)*	*altezza (mm)*	*dH (mm)*	*indice vuoti*	*dH/H 0 (%)*	*m v (kPa -1)*	*E ed (kPa)*
22/04/2025	98	19,240	0,760	-0,844	3,800	2,041E-05	4,900E+04
23/04/2025	196	19,165	0,835	-0,845	4,175	3,827E-05	2,613E+04
24/04/2025	392	18,901	1,099	-0,847	5,495	6,735E-05	1,485E+04
25/04/2025	784	18,540	1,460	-0,850	7,300	4,605E-05	2,172E+04
26/04/2025	1569	18,110	1,890	-0,853	9,450	2,739E-05	3,651E+04
27/04/2025	3138	17,670	2,330	-0,857	11,650	1,402E-05	7,132E+04
data inizio	*carico (kPa)*	*altezza (mm)*	*dH (mm)*	*indice vuoti*	*dH/H 0 (%)*	*c s (kPa -1)*	*SR (kPa -1)*
28/04/2025	784	17,420	2,580	-0,859	12,900	3,361E-03	-2,075
29/04/2025	196	17,610	2,390	-0,857	11,950	2,555E-03	1,578
30/04/2025	49	17,800	2,200	-0,856	11,000	2,555E-03	1,578

Commessa: 030/25
ID Campione: S3 CI1
Io sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
Il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA: ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

gradino X (196-392 kPa)		*gradino XI (392-785 kPa)*	
tempo (s)	*dH (mm)*	*tempo (s)*	*dH (mm)*
0	0,835	0	1,099
6	0,945	6	1,234
15	0,968	15	1,260
30	0,980	30	1,278
60	0,992	60	1,312
120	1,007	120	1,336
240	1,021	240	1,353
480	1,032	480	1,369
900	1,045	900	1,385
1800	1,057	1800	1,400
3600	1,068	3600	1,414
7200	1,076	7200	1,427
14400	1,085	14400	1,441
28800	1,092	28800	1,450
86400	1,099	86400	1,460

gradino XII (785-1596 kPa)	
tempo (s)	*dH (mm)*
0	1,460
6	1,600
15	1,640
30	1,670
60	1,700
120	1,730
240	1,755
480	1,775
900	1,796
1800	1,815
3600	1,833
7200	1,851
14400	1,861
28800	1,871
86400	1,890

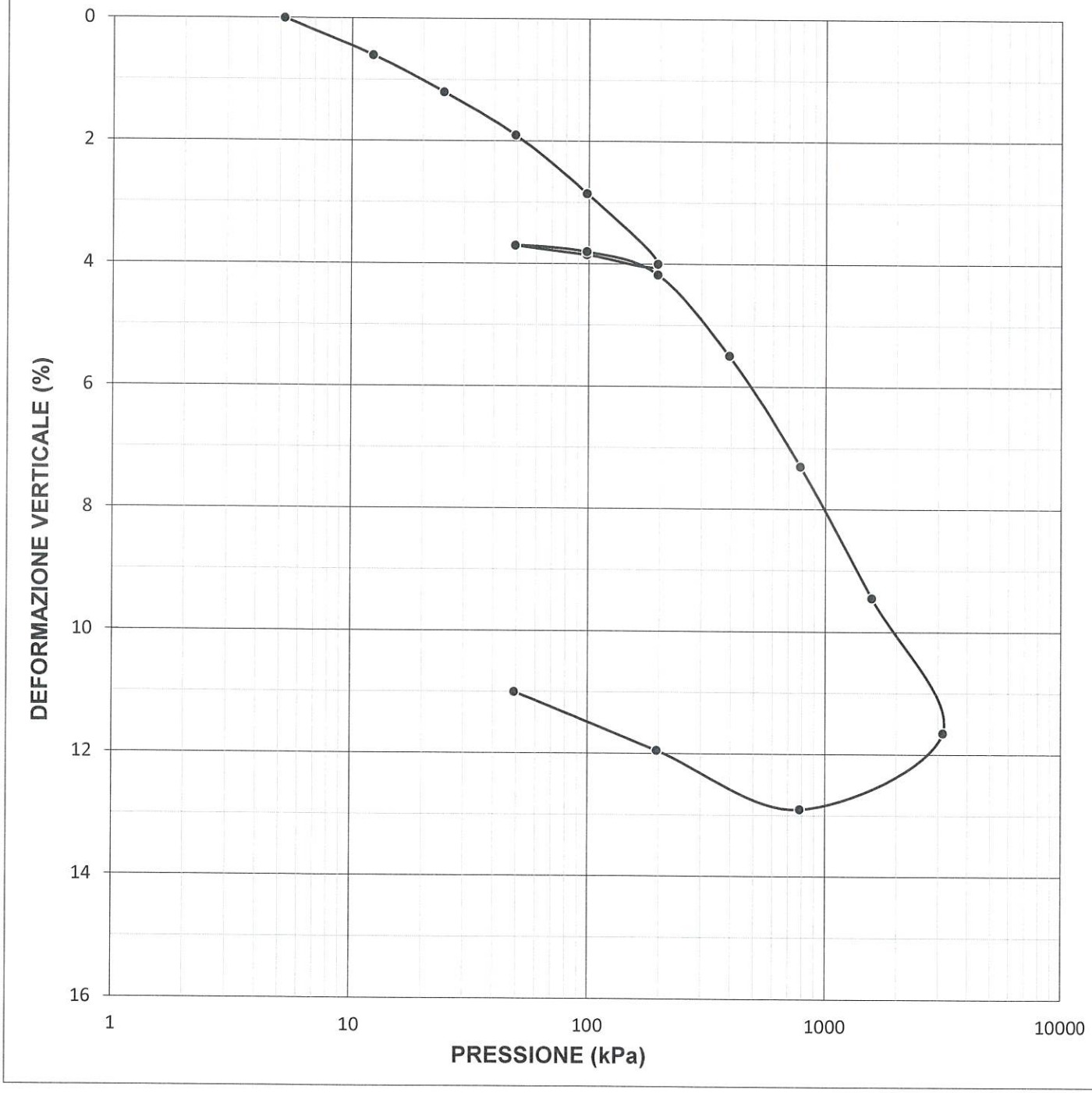
Commessa: 030/25

ID Campione: S3 CI1

Io sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

Il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

CURVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA - I

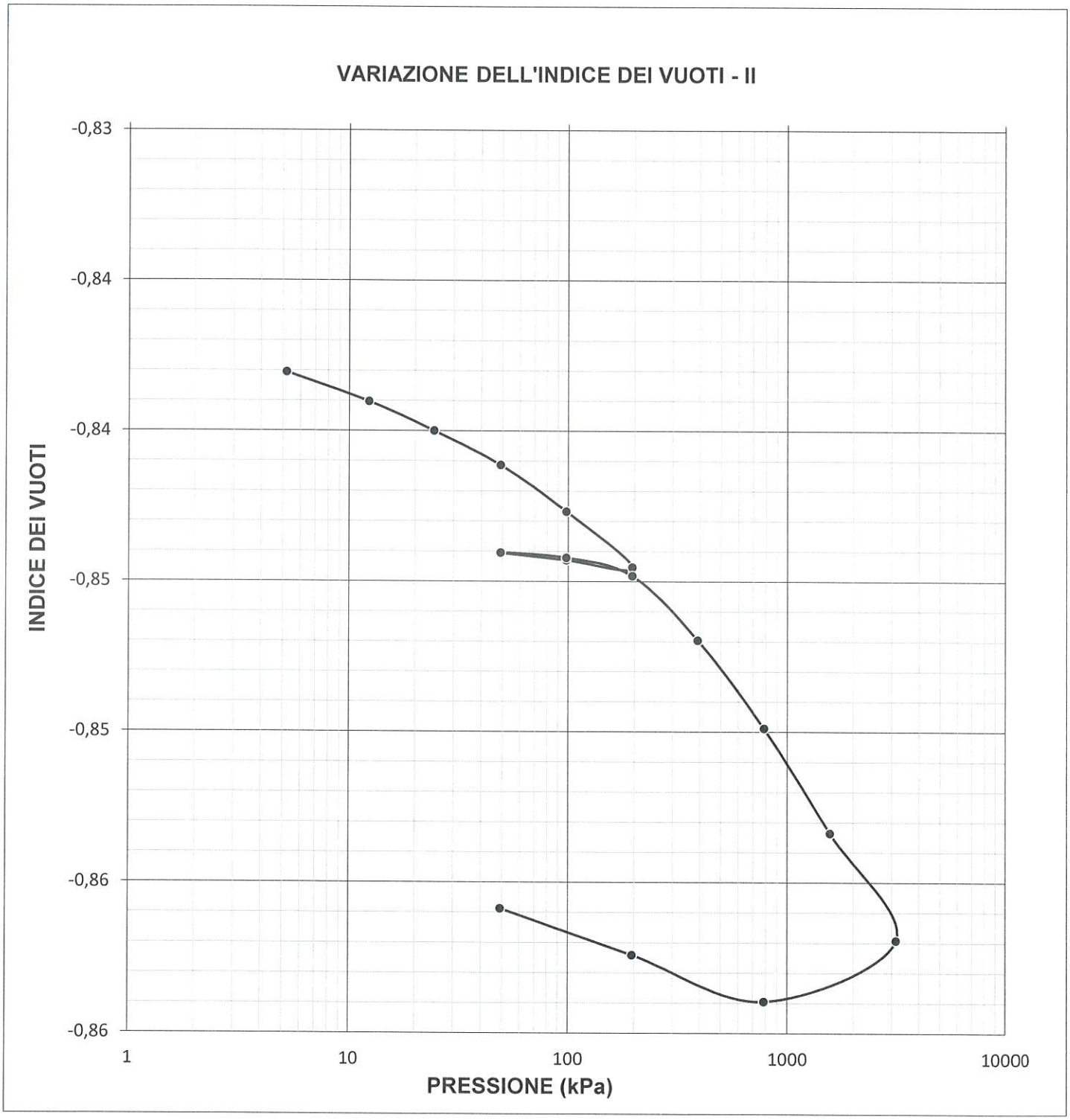


Commessa: 030/25

ID Campione: S3 CI1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

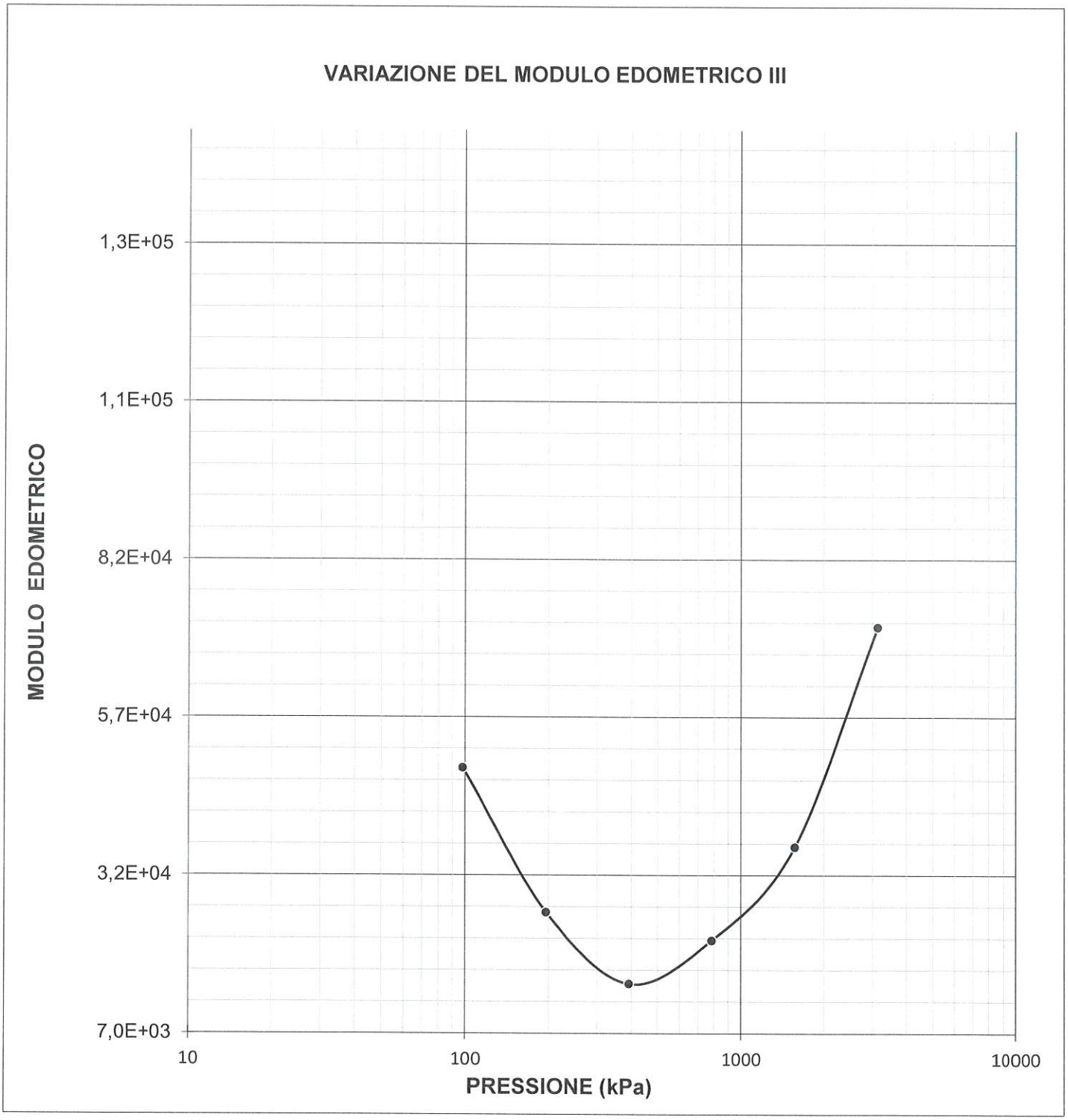


Commessa: 030/25

ID Campione: S3 CI1

Io sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

Il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli



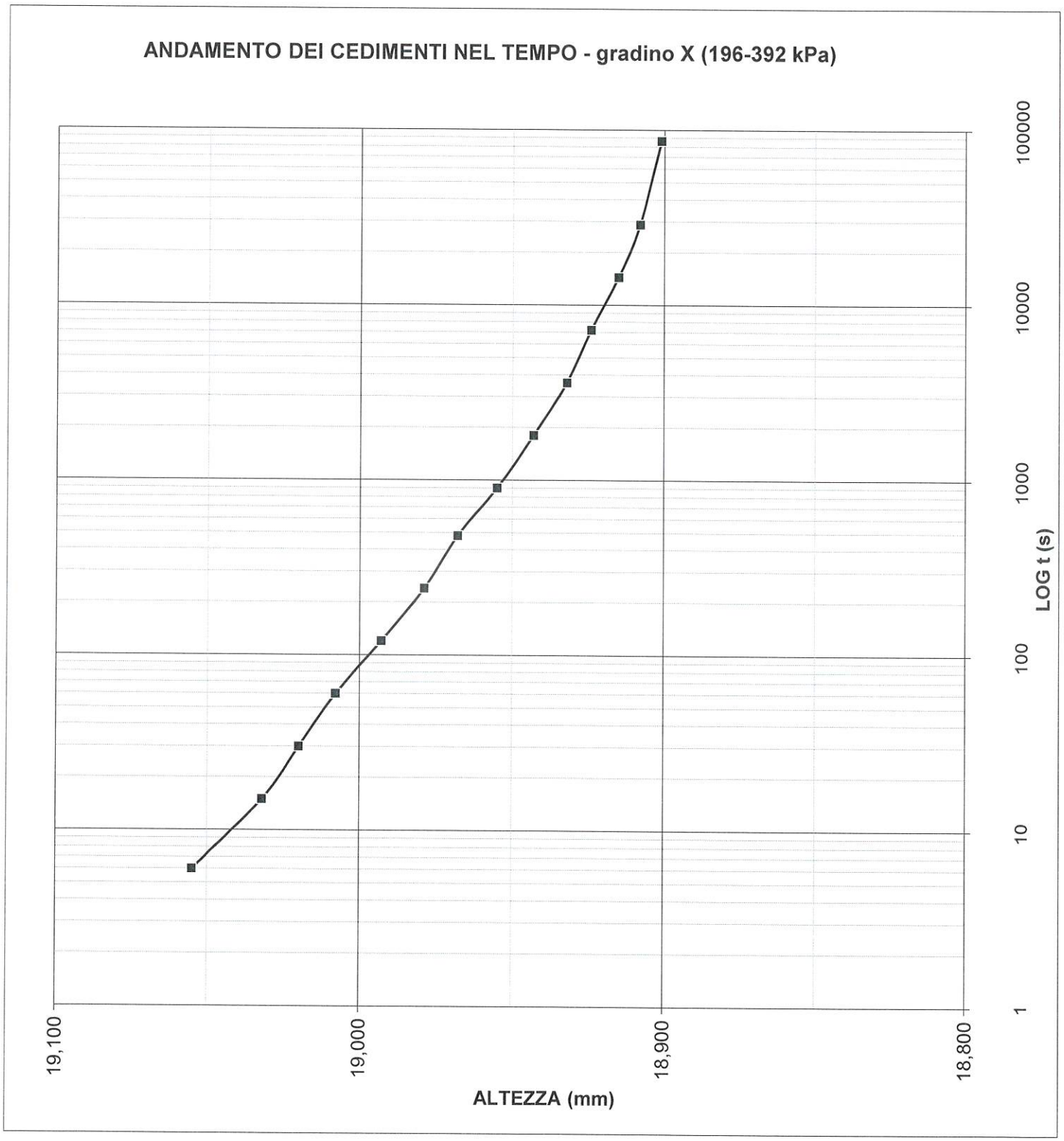
Commessa: 030/25

ID Campione: S3 CI1

Io sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

Il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino X (196-392 kPa)



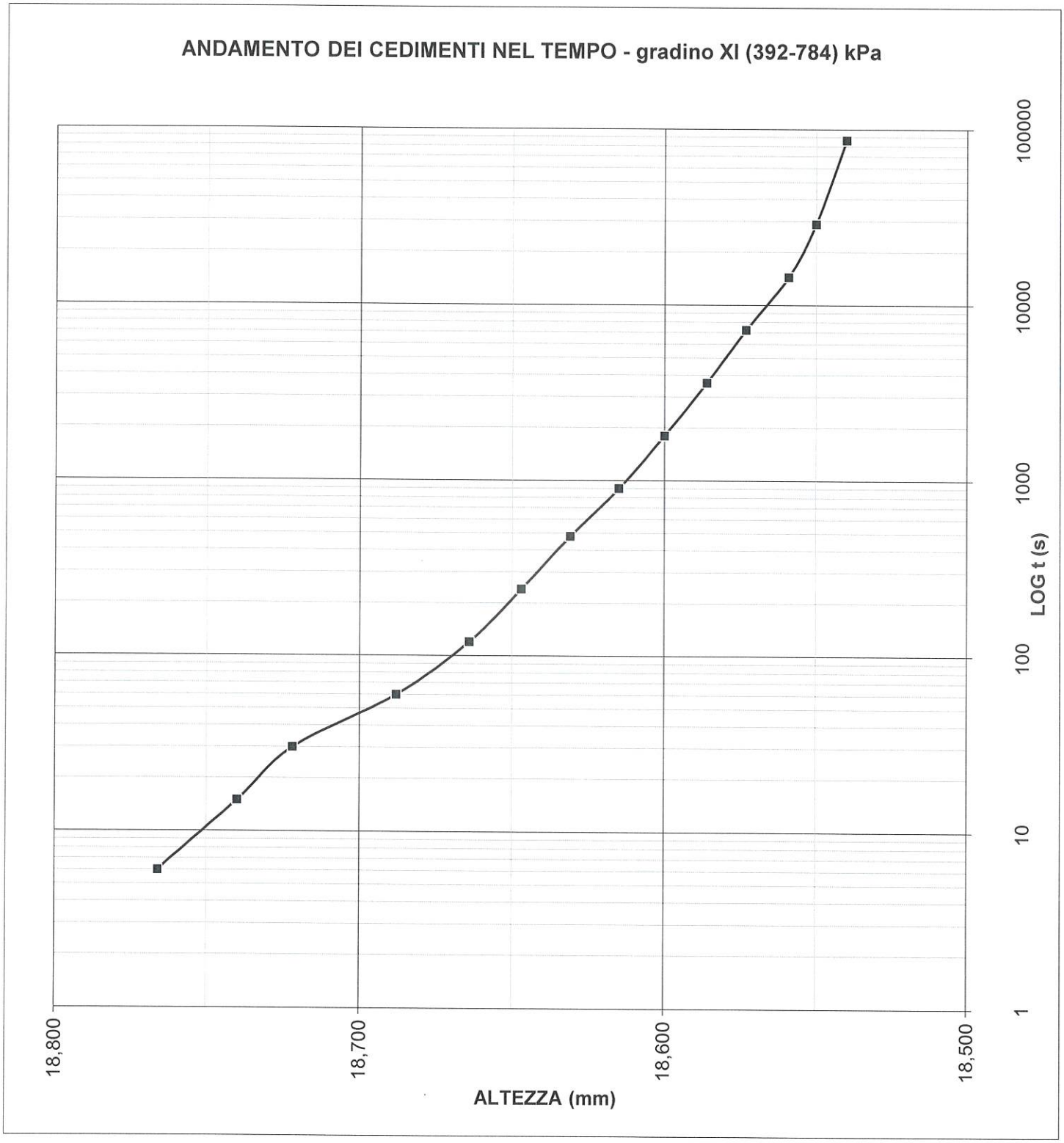
Commessa: 030/25

ID Campione: S3 CI1

Io sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

Il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino XI (392-784) kPa



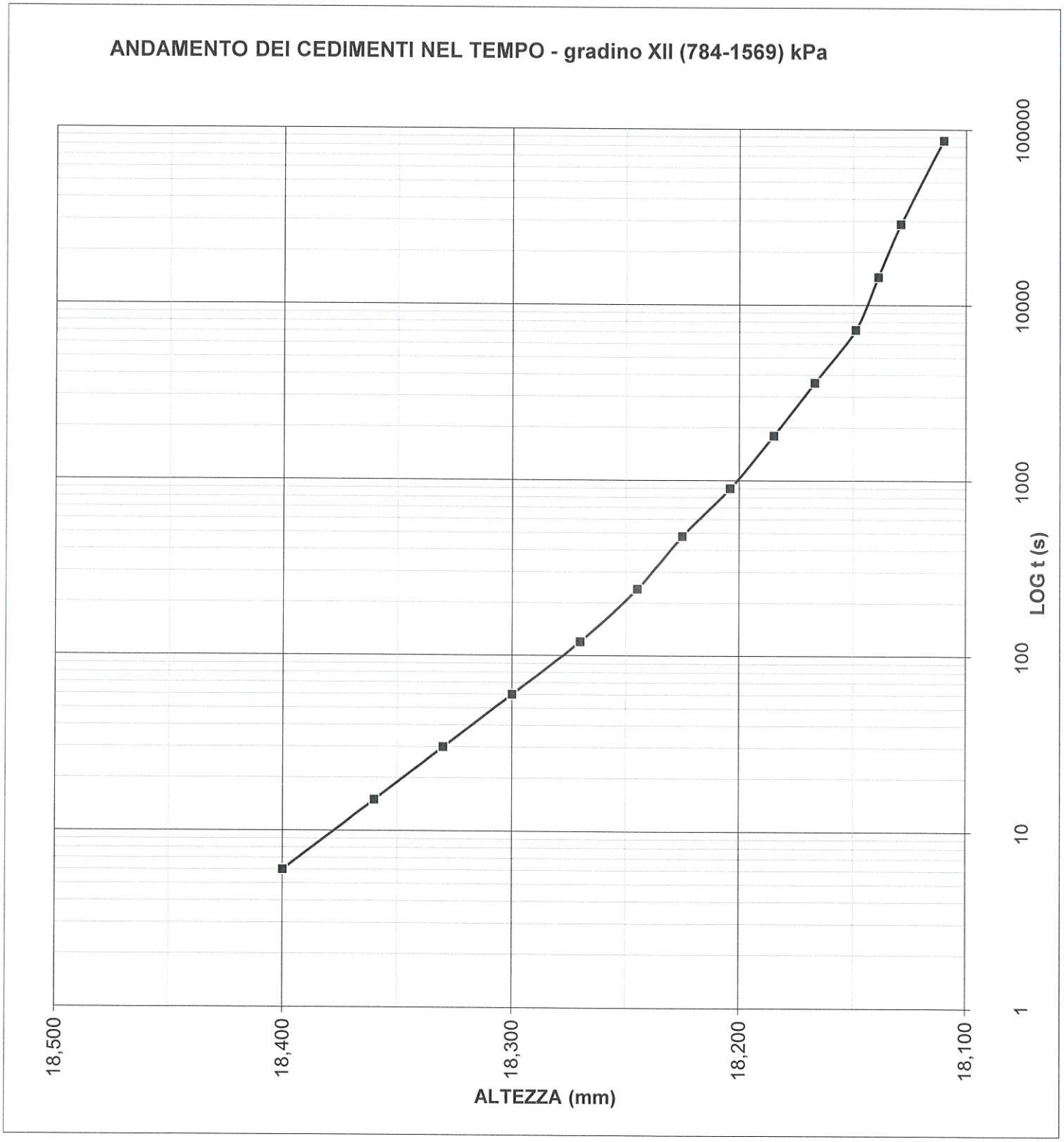
Commessa: 030/25

ID Campione: S3 CI1

Io sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino XII (784-1569) kPa



Commessa: 030/25

ID Campione: S3 CI1

Io sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il Direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B

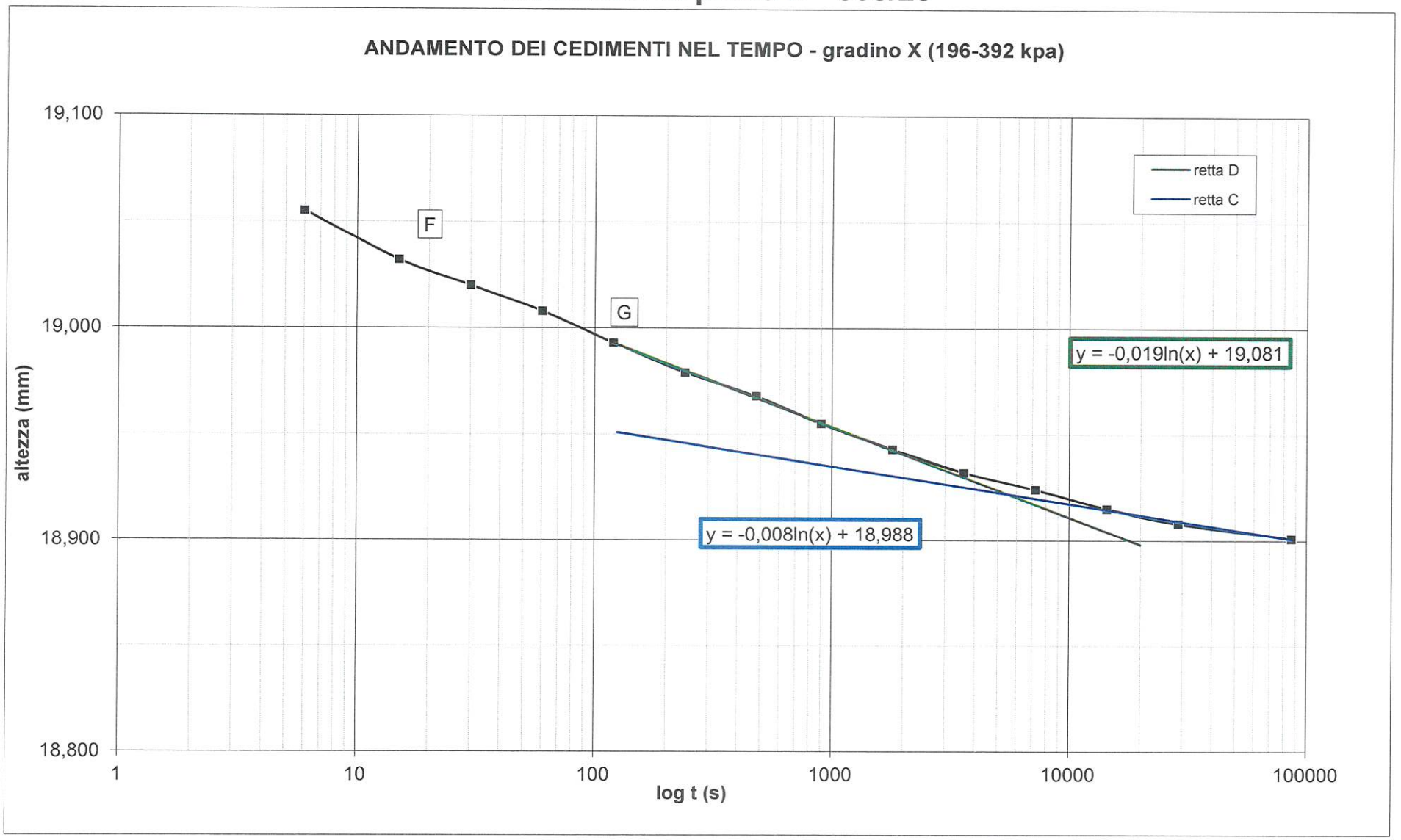
SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: CI1

cedimento a inizio di prova		0,835	mm	gradino X (196-392 kPa)
altezza iniziale	h_0 =	1,907	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	h_{100} =	1,894	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	h_{50} =	1,900	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	t_{50} =	66	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	t_{100} =	2447	s	
coefficiente di consolidazione	**C_v =**	**2,71E-03**	cm^2/s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	**m_v =**	**6,73E-05**	kPa^{-1}	
coefficiente di permeabilità verticale	**K_v =**	**1,82E-08**	cm/s	

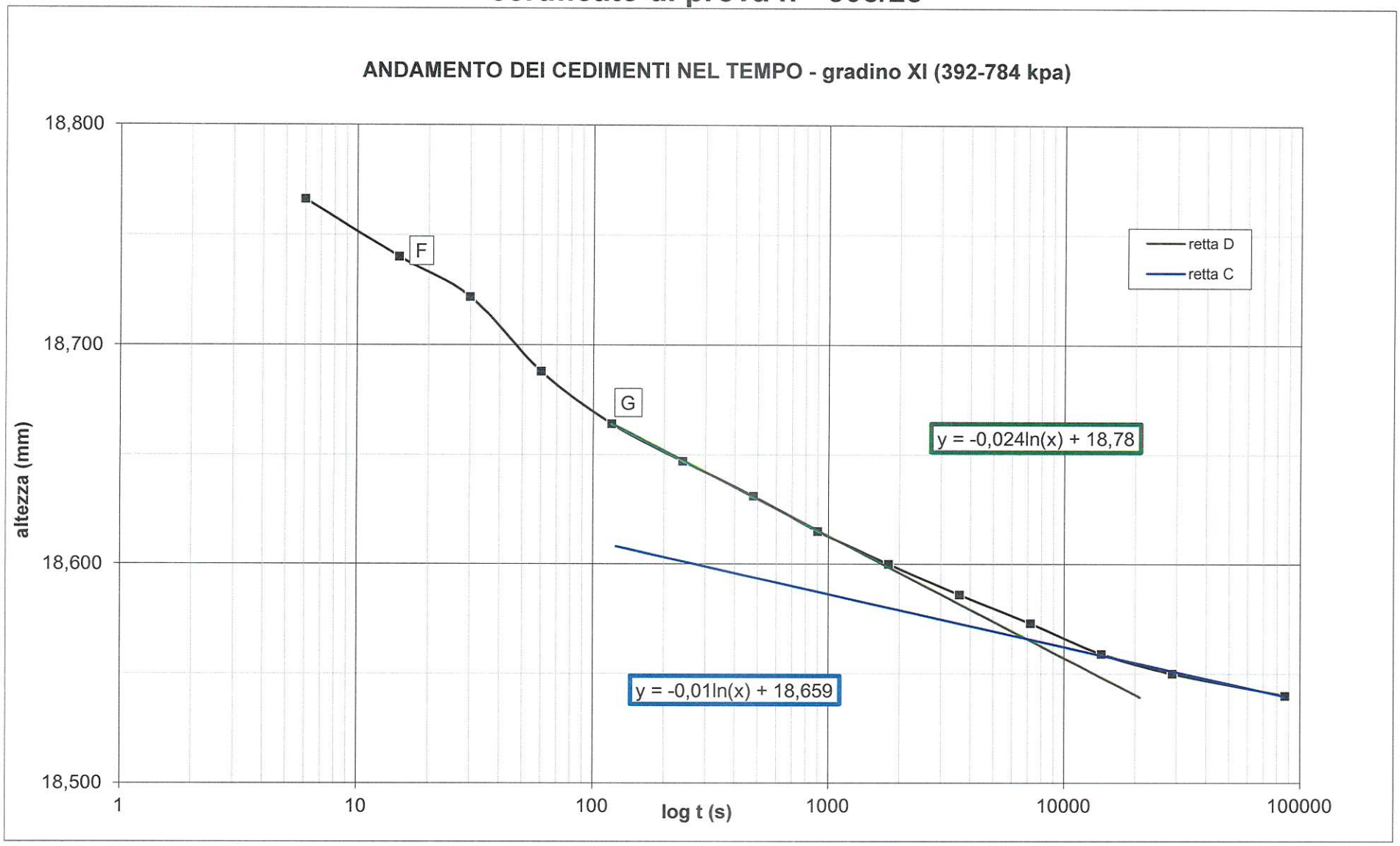
cedimento a inizio di prova		1,099	mm	gradino XI (392-785 kPa)
altezza iniziale	h_0 =	1,882	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	h_{100} =	1,857	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	h_{50} =	1,869	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	t_{50} =	39	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	t_{100} =	6889	s	
coefficiente di consolidazione	**C_v =**	**4,38E-03**	cm^2/s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	**m_v =**	**4,60E-05**	kPa^{-1}	
coefficiente di permeabilità verticale	**K_v =**	**2,02E-08**	cm/s	

cedimento a inizio di prova		1,460	mm	gradino XII (785-1596 kPa)
altezza iniziale	h_0 =	1,845	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	h_{100} =	1,816	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	h_{50} =	1,831	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	t_{50} =	38	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	t_{100} =	3300	s	
coefficiente di consolidazione	**C_v =**	**4,29E-03**	cm^2/s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	**m_v =**	**2,74E-05**	kPa^{-1}	
coefficiente di permeabilità verticale	**K_v =**	**1,18E-08**	cm/s	

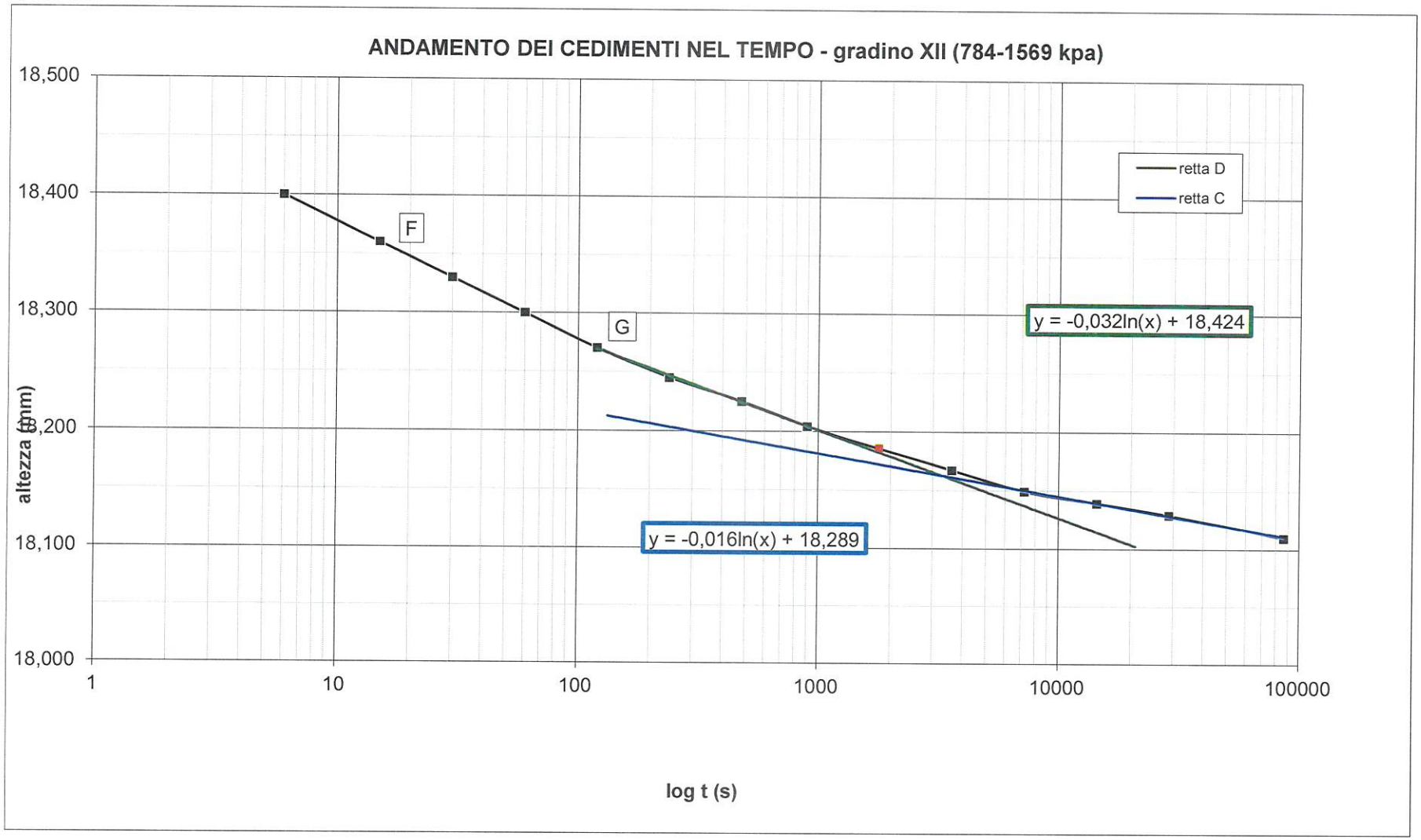
certificato di prova n° 505/25



certificato di prova n° 505/25



certificato di prova n° 505/25



C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 1
PROFONDITÀ (m): 4,00-5,00
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 3/3 dark brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 C.R.1 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 1
PROFONDITÀ (m): 4,00-5,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 971,18

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	971,18	100,00
38,1	135,62	835,56	86,04
25,4	250,43	720,75	74,21
19,05	349,10	622,08	64,05
12,7	451,64	519,54	53,50
9,5	540,06	431,12	44,39
4,75	592,54	378,64	38,99
2	641,83	329,35	33,91
1	692,01	279,17	28,75
0,425	725,66	245,52	25,28
0,25	755,68	215,50	22,19
0,125	782,72	188,46	19,41
0,075	793,54	177,64	18,29

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

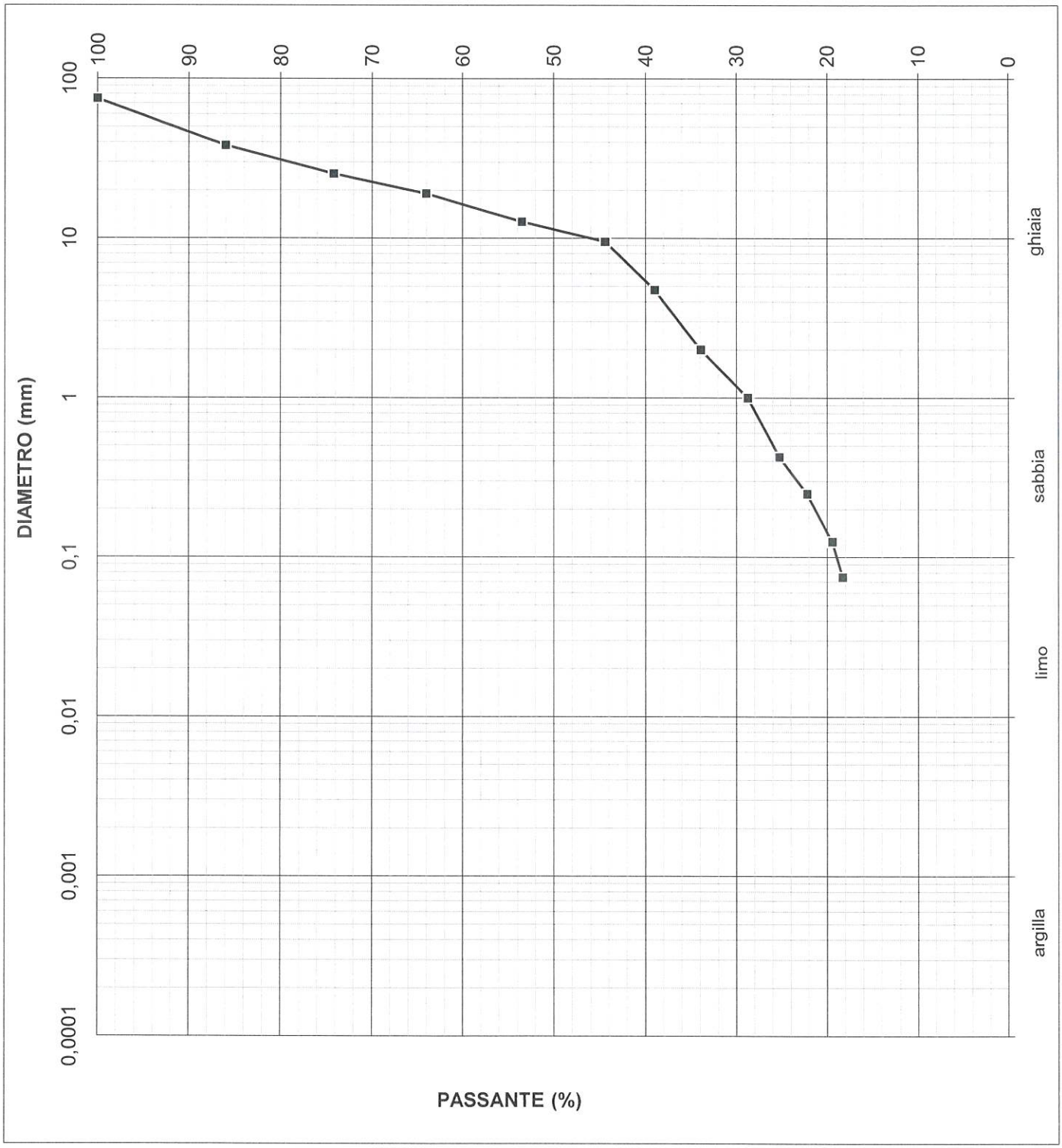
composizione granulometrica	
% ghiaia	61,0
% sabbia	20,7
% limo	18,3
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S3 C.R.1

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 1
PROFONDITÀ (m): 4,00-5,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S3 C.R.1**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 2
PROFONDITÀ (m): 6,00-7,00
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 5/2 grayish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 C.R.2 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 2
PROFONDITÀ (m): 6,00-7,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 538,37

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	538,37	100,00
38,1	0,00	538,37	100,00
25,4	99,36	439,01	81,54
19,05	167,50	370,87	68,89
12,7	236,85	301,52	56,01
9,5	296,53	241,84	44,92
4,75	360,16	178,21	33,10
2	392,78	145,59	27,04
1	430,59	107,78	20,02
0,425	454,23	84,14	15,63
0,25	474,73	63,64	11,82
0,125	486,87	51,50	9,57
0,075	495,53	42,84	7,96

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S3 C.R.2
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0
densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

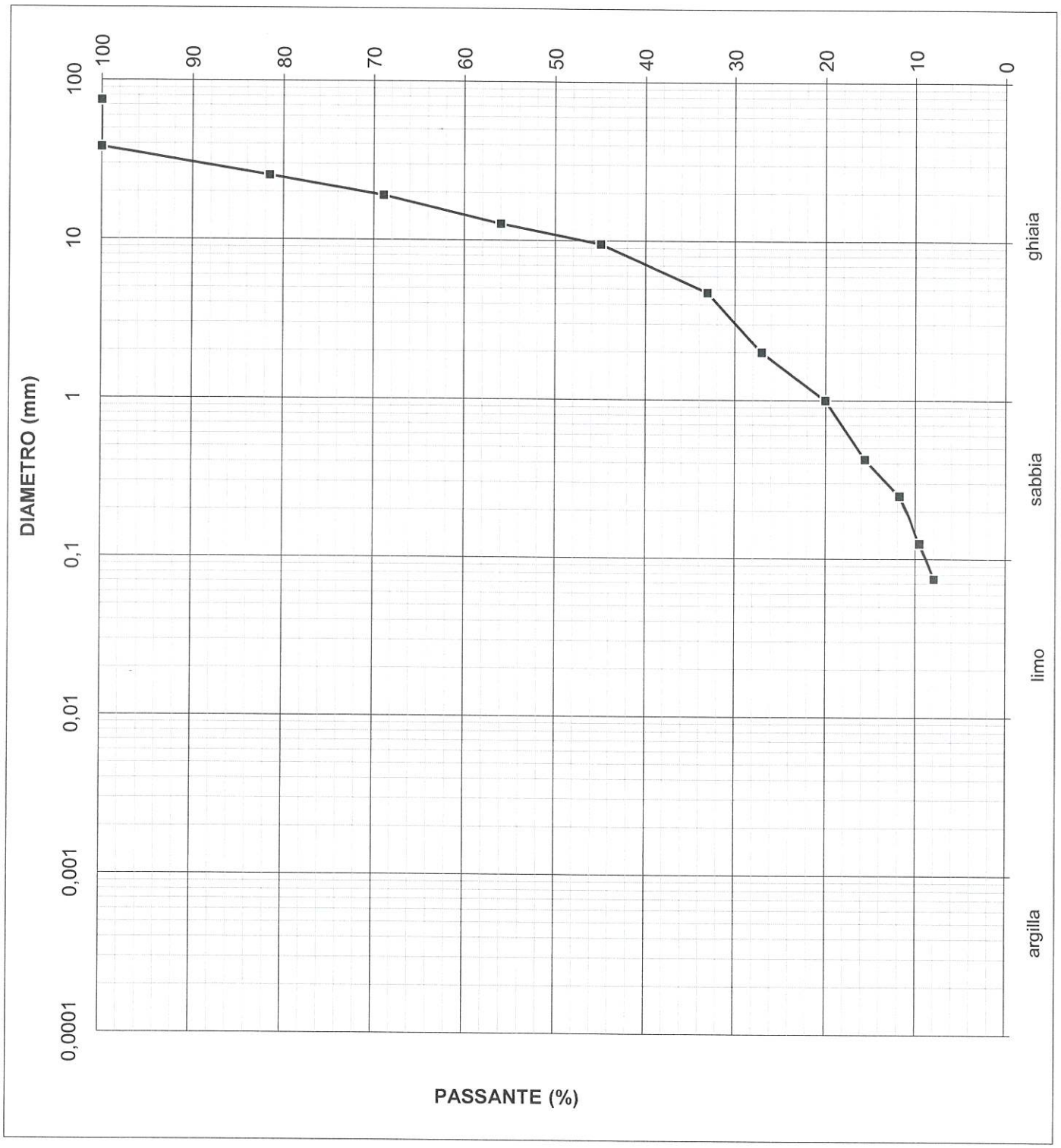
composizione granulometrica	
% ghiaia	66,9
% sabbia	25,1
% limo	8,0
% argilla	

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 C.R.2

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 2
PROFONDITÀ (m): 6,00-7,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S3 C.R.2**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 3
PROFONDITÀ (m): 8,00-9,00
DATA DI PRELIEVO: 26/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 5/2 grayish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 C.R.3 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.3	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 3
PROFONDITÀ (m): 8,00-9,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S3 C.R.3**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 3
PROFONDITÀ (m): 8,00-9,00
DATA PRELIEVO: 26/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 616,98

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	616,98	100,00
38,1	0,00	616,98	100,00
25,4	75,41	541,57	87,78
19,05	135,75	481,23	78,00
12,7	195,00	421,98	68,39
9,5	255,12	361,86	58,65
4,75	330,60	286,38	46,42
2	371,98	245,00	39,71
1	410,27	206,71	33,50
0,425	449,92	167,06	27,08
0,25	492,69	124,29	20,14
0,125	514,70	102,28	16,58
0,075	520,39	96,59	15,66

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.3	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

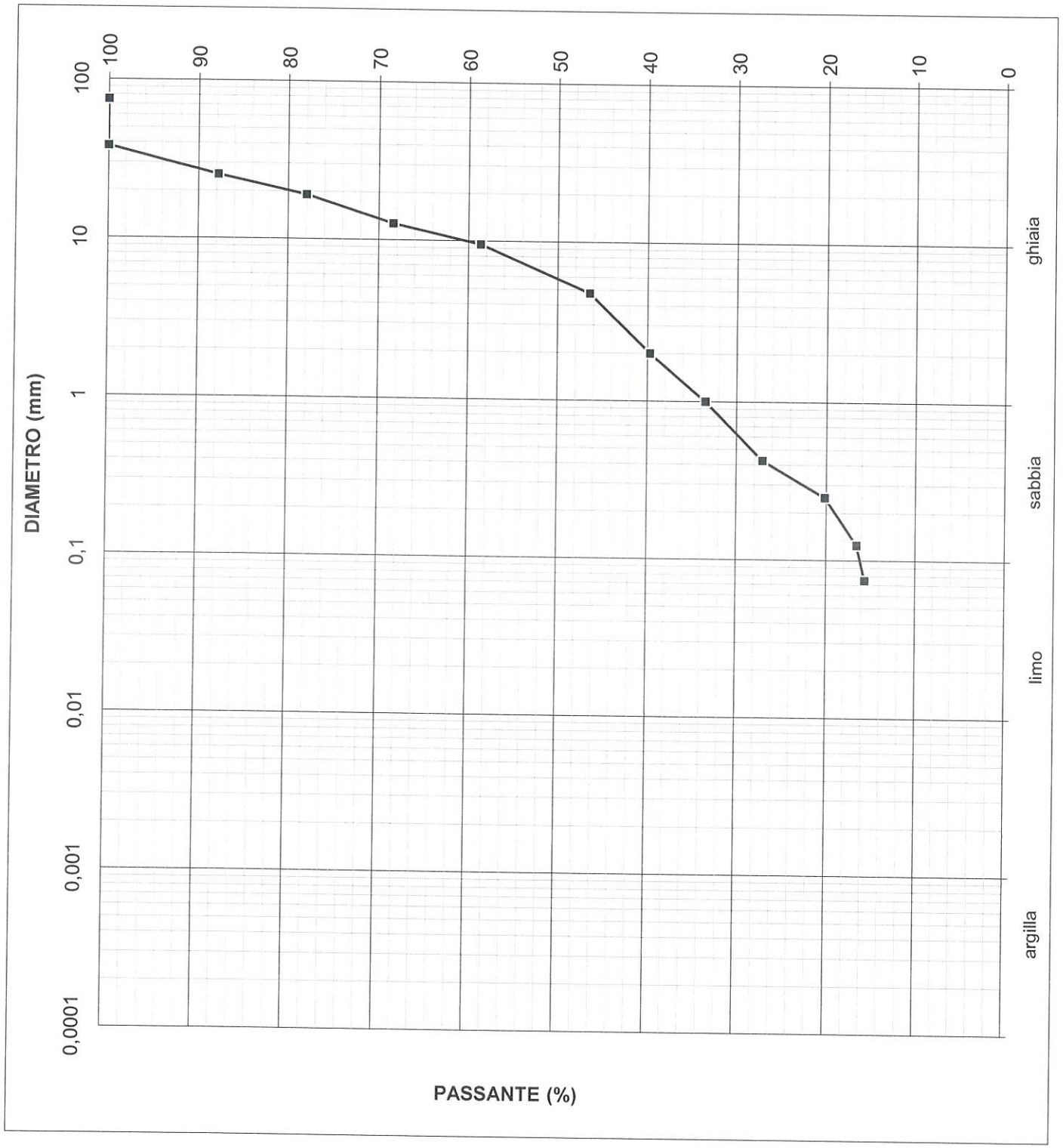
composizione granulometrica	
% ghiaia	53,6
% sabbia	30,8
% limo	15,7
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S3 C.R.3

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.3	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 4
PROFONDITÀ (m): 12,00-13,00
DATA DI PRELIEVO: 27/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 5/2 grayish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**Sperimentatore:**	**Direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S3 C.R.4**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 4
PROFONDITÀ (m): 12,00-13,00
DATA PRELIEVO: 27/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 1217,96

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	1217,96	100,00
38,1	254,14	963,82	79,13
25,4	352,49	865,47	71,06
19,05	433,77	784,19	64,39
12,7	544,12	673,84	55,33
9,5	623,47	594,49	48,81
4,75	710,61	507,35	41,66
2	776,96	441,00	36,21
1	849,10	368,86	30,29
0,425	908,34	309,62	25,42
0,25	963,96	254,00	20,85
0,125	984,34	233,62	19,18
0,075	998,02	219,94	18,06

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0
densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

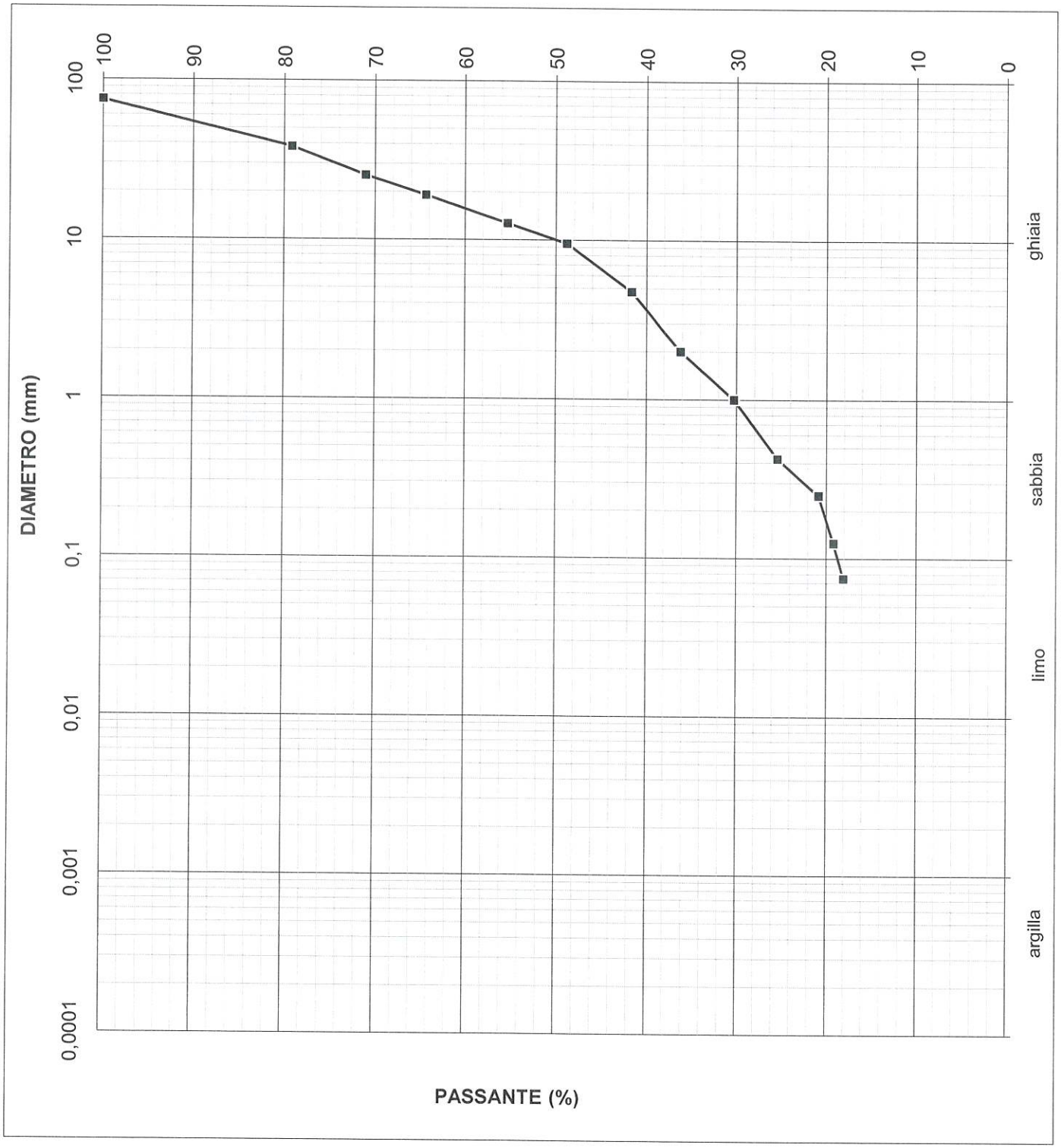
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	58,3
% sabbia	23,6
% limo	18,1
% argilla	

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 4
PROFONDITÀ (m): 12,00-13,00
DATA PRELIEVO: 27/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità				*limite di plasticità*		
n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.4	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 5
PROFONDITÀ (m): 14,00-15,00
DATA DI PRELIEVO: 27/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 5/3 brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 C.R.5 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.5	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 5
PROFONDITÀ (m): 14,00-15,00
DATA PRELIEVO: 27/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 891,29

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	891,29	100,00
38,1	0,00	891,29	100,00
25,4	136,52	754,77	84,68
19,05	231,09	660,20	74,07
12,7	306,57	584,72	65,60
9,5	401,81	489,48	54,92
4,75	447,67	443,62	49,77
2	494,96	396,33	44,47
1	558,25	333,04	37,37
0,425	600,40	290,89	32,64
0,25	659,87	231,42	25,96
0,125	688,79	202,50	22,72
0,075	727,33	163,96	18,40

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.5	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

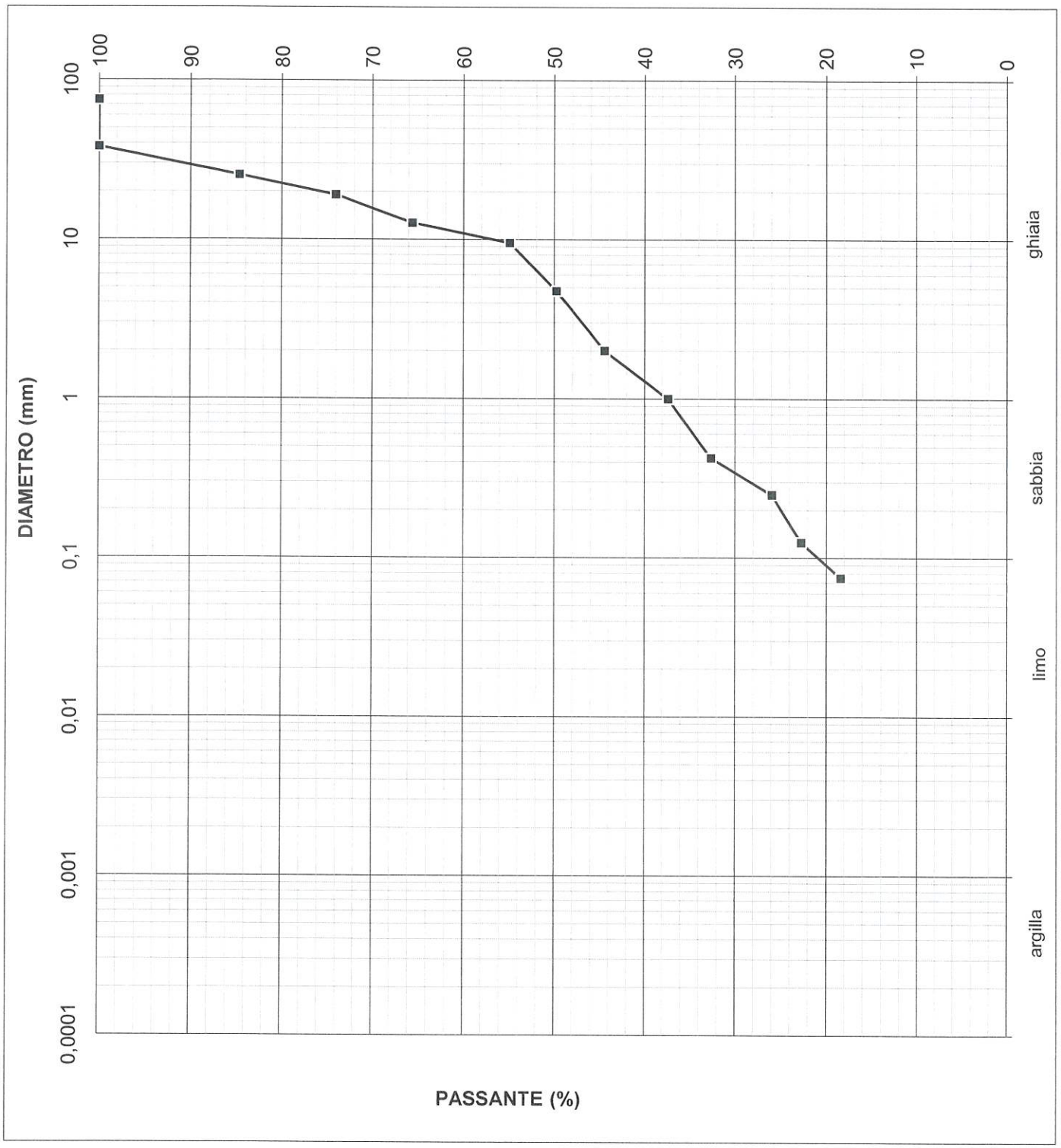
composizione granulometrica	
% ghiaia	50,2
% sabbia	31,4
% limo	18,4
% argilla	

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S3 C.R.5

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.5	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 5
PROFONDITÀ (m): 14,00-15,00
DATA PRELIEVO: 27/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
030/25	**04**	**S3 C.R.5**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 6
PROFONDITÀ (m): 16,00-17,00
DATA DI PRELIEVO: 27/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 5/2 grayish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 C.R.6 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 6
PROFONDITÀ (m): 16,00-17,00
DATA PRELIEVO: 27/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 1077,52

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	1077,52	100,00
38,1	0,00	1077,52	100,00
25,4	214,52	863,00	80,09
19,05	330,90	746,62	69,29
12,7	423,37	654,15	60,71
9,5	499,72	577,80	53,62
4,75	557,86	519,66	48,23
2	627,24	450,28	41,79
1	698,26	379,26	35,20
0,425	739,44	338,08	31,38
0,25	765,25	312,27	28,98
0,125	781,63	295,89	27,46
0,075	794,96	282,56	26,22

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

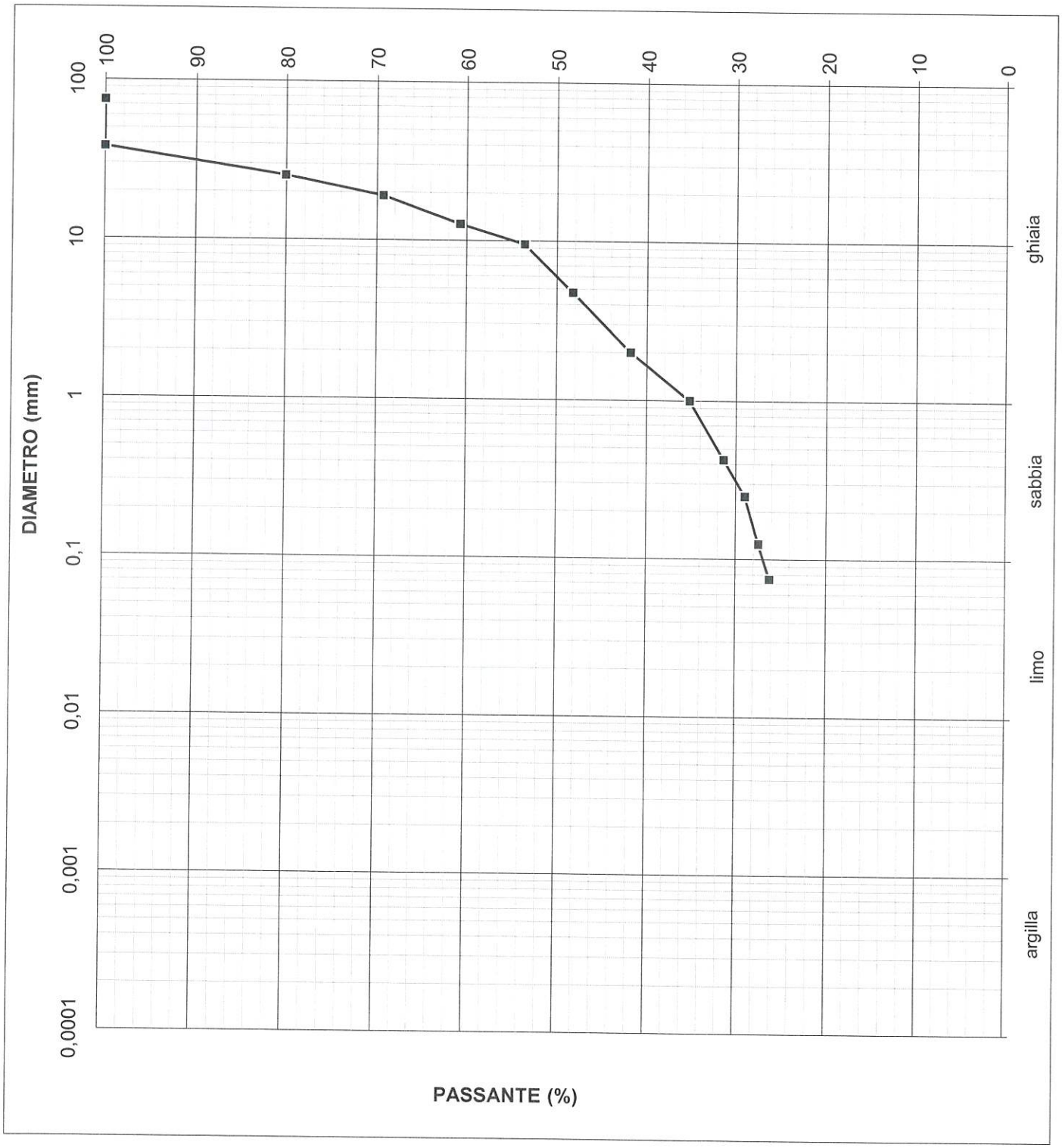
composizione granulometrica	
% ghiaia	51,8
% sabbia	22,0
% limo	26,2
% argilla	

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 C.R.6

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 6
PROFONDITÀ (m): 16,00-17,00
DATA PRELIEVO: 27/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.6	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
ACCETTAZIONE 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 7
PROFONDITÀ (m): 18,00-19,00
DATA DI PRELIEVO: 27/03/2025

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 07/04/2025

tipologia: Rimaneggiato
contenitore: Sacchetto di plastica
colore secondo Munsell: *10 YR 5/2 grayish brown*

diametro nominale (mm):
lunghezza effettiva (cm):
classe di qualità:

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua		Triassiale U.U.		Edometria	
massa volumica naturale		Triassiale C.I.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani		Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg	x	Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria	x	Taglio Diretto		Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

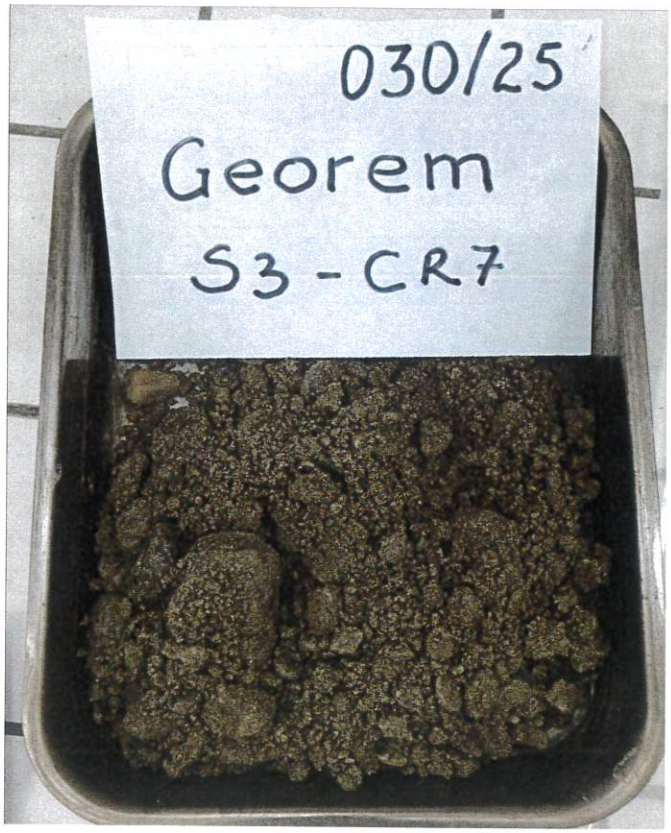
Descrizione del campione: **Campione omogeneo ghiaia con sabbia, non consistente, umido al tatto, non plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*

commessa: 030/25 **settore:** 04 **id. campione:** S3 C.R.7 **Sperimentatore:** Dott. Massimo Maugeri **Direttore del Laboratorio:** Dott. Massimiliano Galli

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE



commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.7	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 7
PROFONDITÀ (m): 18,00-19,00
DATA PRELIEVO: 27/03/2025

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

DATI DI PROVA - SETACCIATURA

data di esecuzione: 10/04/2025

massa terreno setacciato (g): 872,15

Ø / maglia (mm)	*trattenuto (g)*	*passante (g)*	*passante (%)*
75	0,00	872,15	100,00
38,1	227,52	644,63	73,91
25,4	318,67	553,48	63,46
19,05	388,78	483,37	55,42
12,7	490,67	381,48	43,74
9,5	563,91	308,24	35,34
4,75	619,54	252,61	28,96
2	660,45	211,70	24,27
1	719,58	152,57	17,49
0,425	785,84	86,31	9,90
0,25	816,03	56,12	6,43
0,125	834,88	37,27	4,27
0,075	849,24	22,91	2,63

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S3 C.R.7
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

DATI DI PROVA - ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

data di esecuzione: 10/04/2025
temperatura di prova (°C): 21,0

densimetro utilizzato: ASTM 151 H
massa terreno alla sedimentazione (g): 25,36

tempo (s)	*Ø equivalente (mm)*	*lettura densimetrica**	*passante (%)*

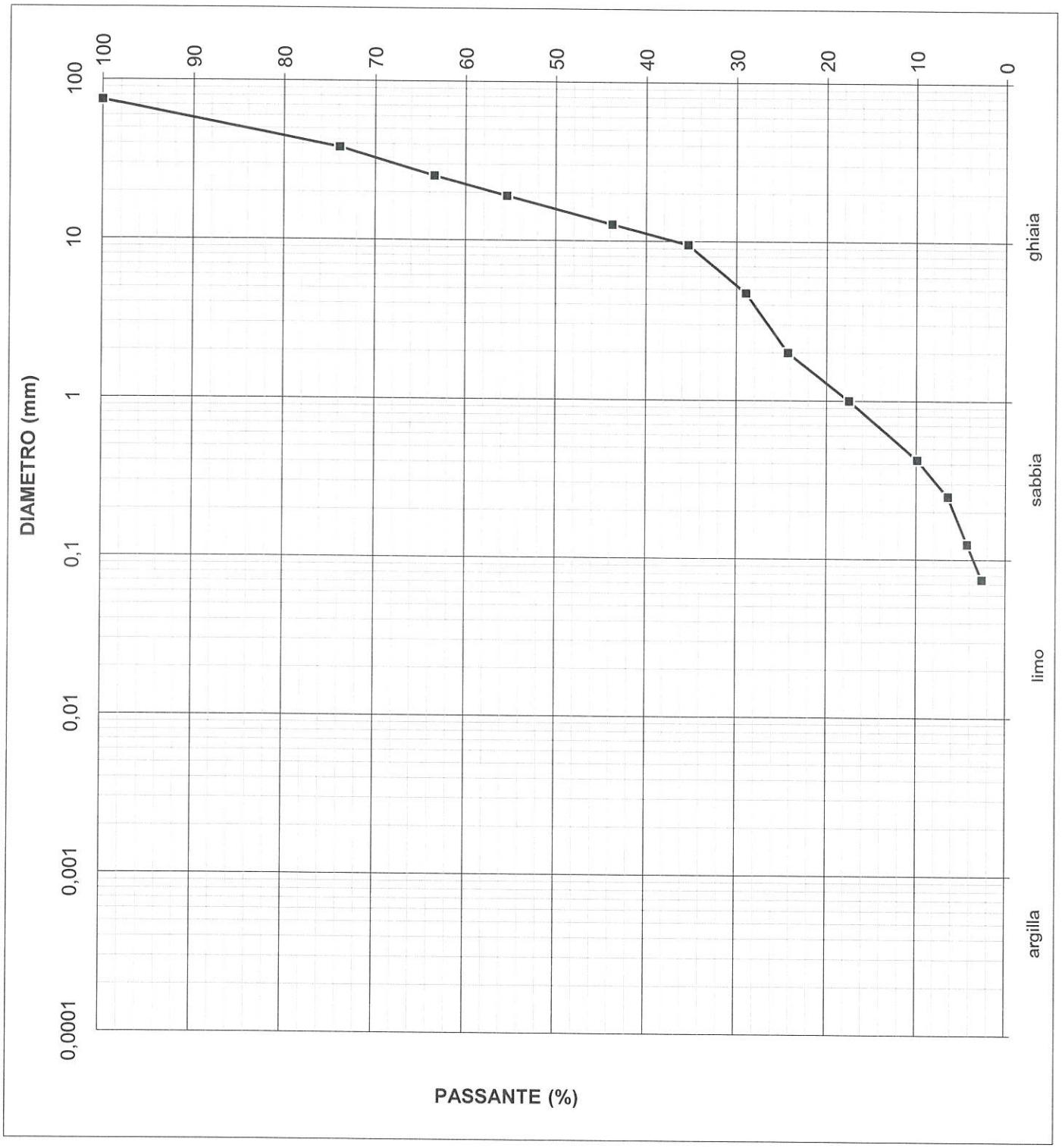
**correzioni applicate:*

C_m = 0,5
C_d = 5
C_t = 0,9

composizione granulometrica	
% ghiaia	71,0
% sabbia	26,3
% limo	2,6
% argilla	

commessa: 030/25
settore: 04
id. campione: S3 C.R.7
lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri
il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
030/25	04	S3 C.R.7	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione,
terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: Georem srl
LOCALITÀ: Vignate (MI)
CANTIERE: Sito L22 S.p.A. - MIL 05 B
Data di accettazione: 04/04/2025

SONDAGGIO: S3
CAMPIONE: C.R. 7
PROFONDITÀ (m): 18,00-19,00
DATA PRELIEVO: 27/03/2025

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 10/04/2025

limite di liquidità / *limite di plasticità*

n° di cadute	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*	*peso umido (g)*	*peso secco (g)*	*umidità (%)*

limite di ritiro

volume umido (cm^3)	*peso umido (g)*	*volume secco (cm^3)*	*peso secco (g)*

LIMITE DI LIQUIDITA'	**Wl**		N.D. (*)
LIMITE DI PLASTICITA'	**Wp**		N.P. (**)
LIMITE DI RITIRO	**Wr**		
INDICE DI PLASTICITA'	**IP**		N.P. (**)

(*) N.D.= non determinabile
(**) N.P.= non plastico

commessa: 030/25 | **settore:** 04 | **id. campione:** S3 C.R.7

lo sperimentatore: Dott. Massimo Maugeri

il direttore del Laboratorio: Dott. Massimiliano Galli

ALLEGATO 4 – DOCUMENTAZIONE PROVE MASW/HVSR

Risultati indagini geofisiche

RAPPRESENTAZIONE ED INTERPRETAZIONE DATI SISMICI M.A.S.W.

Al fine di fornire i valori delle V_s, necessarie per la caratterizzazione sismica del sito, è stata realizzata una stesa sismica denominata L1, di lunghezza pari a 60,0 metri con distanza intergeofonica pari a 5,0 metri. L'energizzazione del terreno (sorgente di energia), per la lettura dei tempi di arrivo delle onde Superficiali (Rayleigh), è stata ottenuta impiegando una mazza battente da 10 kg in senso verticale su di una piastra in lega di alluminio aderente al suolo. L'energizzazione è stata effettuata agli estremi dello stendimento ad una distanza di 5,0 metri ed è stata eseguita più volte per garantire l'apprezzabilità dei segnali raccolti dal sistema di acquisizione dati.

Si riporta di seguito il sismogramma frutto della somma di ciascuna acquisizione, filtrato di eventuali disturbi di fondo, scelto per la modellazione (fig. 1):

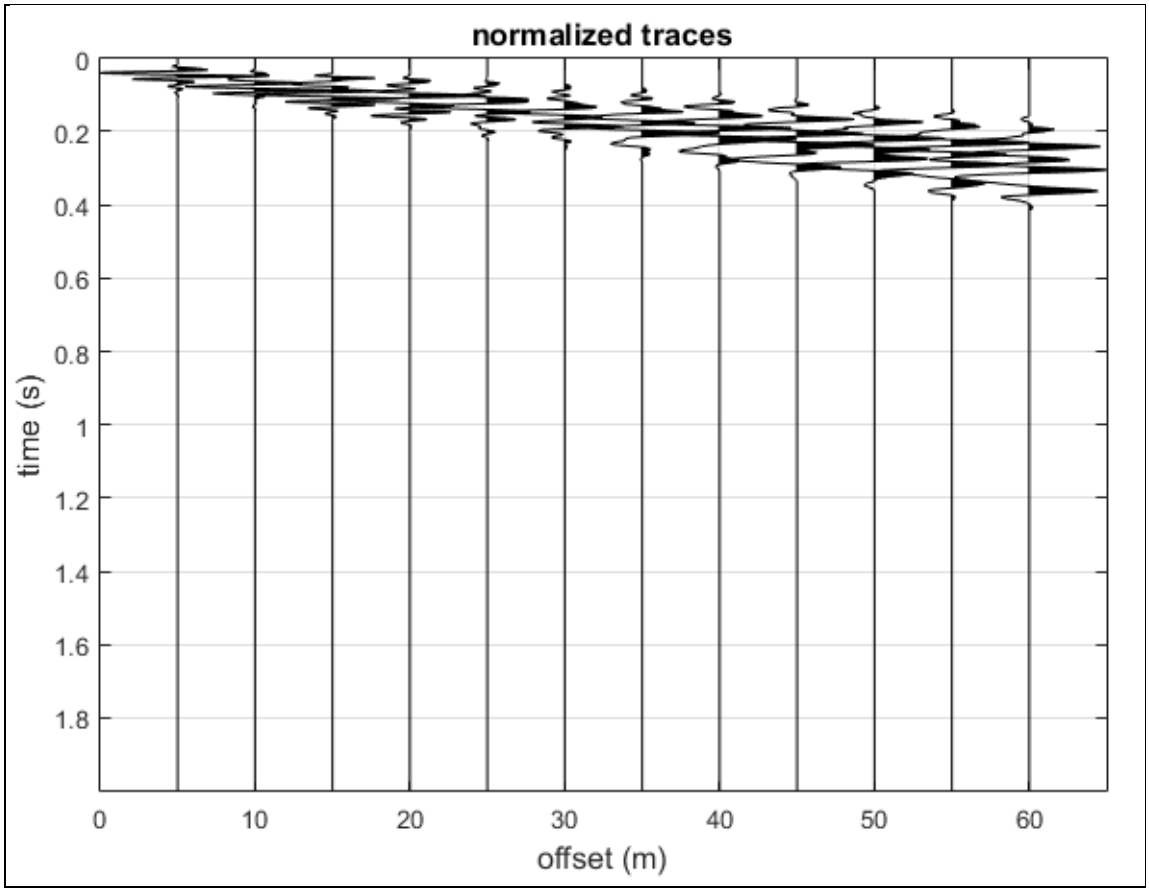


Figura 1: Sismogramma ZVF (onde Rayleigh) base sismica **L1**.

L’elaborazione del sismogramma ha consentito di estrapolare lo spettro di velocità dal quale si è risalito tramite picking alla curva di dispersione (fig. 2) che consente di ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.

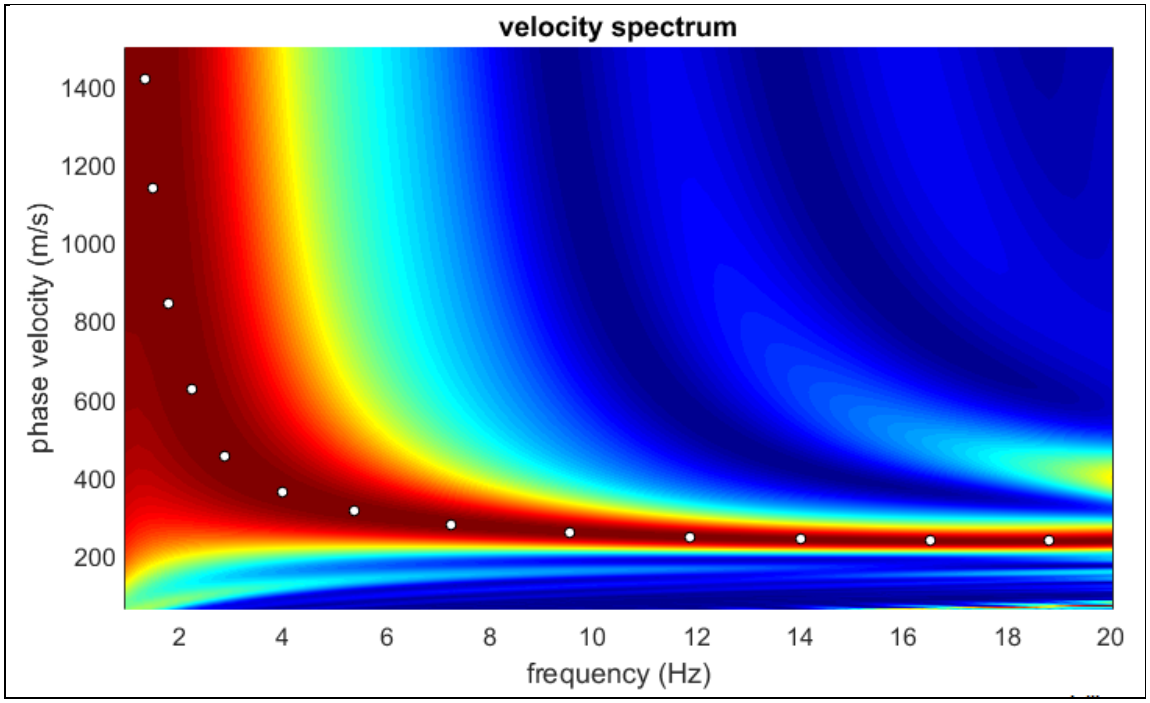


Figura 2: Spettro di velocità base sismica **L1** con picking.

RICOSTRUZIONE DEL SOTTOSUOLO

Dall’inversione della curva di dispersione si è ottenuta la ricostruzione del sottosuolo in orizzonti aventi differenti spessori e valori di velocità:

L1		
Spessore (m)	**Profondità (m)**	**V_S (m/sec)**
0,8	0,0-0,8	**235**
2,7	0,8-3,5	**262**
3,6	3,5-7,1	**288**
3,7	7,1-10,8	**269**
6,7	10,8-17,5	**301**
6,8	17,5-24,3	**371**
2,9	24,3-27,2	**416**
2,8	27,2-30,0	**451**

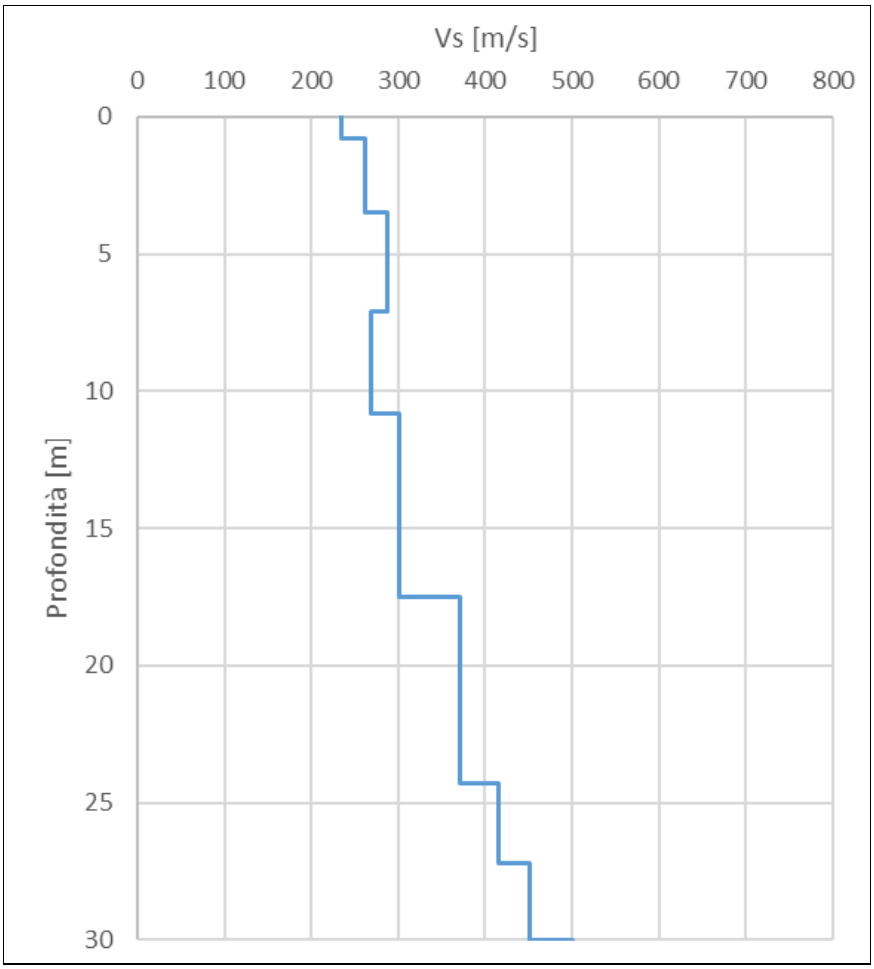


Figura 3: Diagramma delle velocità V_s riferite ai vari strati intercettati nella base sismica **L1**.

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Per quanto riguarda la determinazione della categoria di sottosuolo il D.M. 17.01.2018 prevede una classificazione in cinque categorie principali riportate nella tabella 3.2.II (fig. 4) definite in base ai valori della velocità equivalente $V_{S,eq}$ corrispondente alla velocità media di propagazione delle onde sismiche di taglio a partire dal piano di fondazione (per fondazioni superficiali e per muri di sostegno di terrapieni), dalla testa dei pali o dalla testa dell'opera (per opere di sostegno di terreni naturali), fino alla profondità del substrato sismico, definito come quella formazione caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità di tale substrato superiore a 30m la velocità equivalente $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, considerando le proprietà degli strati di terreno fino alla profondità di 30m.

L'espressione per la determinazione della velocità equivalente $V_{S,eq}$ è la seguente:

$$V_{s,eq} \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_i}}$$

hi = Spessore in metri dello strato i-esimo
Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima
N = Numero di strati
H = Profondità del substrato sismico con Vs>800m/s

Per il sito in esame la categoria di sottosuolo è stata determinata tramite i dati ottenuti dallo stendimento sismico con metodologia M.A.S.W.+H.V.S.R. eseguito in corrispondenza dell'area di indagine.

Dall'elaborazione di tali dati il terreno presenta per la linea eseguita, valori delle **$V_{s,eq}$** corrispondenti alle **$V_{s,30}$** (il substrato sismico non è stato individuato nei primi 30m di profondità) pari a **320,06 m/s**, riferiti all'attuale piano campagna; il terreno è pertanto classificabile in **categoria C** "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,* caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D,* con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 4: Tabella 3.2.II "Categorie di sottosuolo" – D.M. 17.01.2018.

ANALISI DI 2° LIVELLO

Effetti litologici – Stima del Fattore di Amplificazione F_a

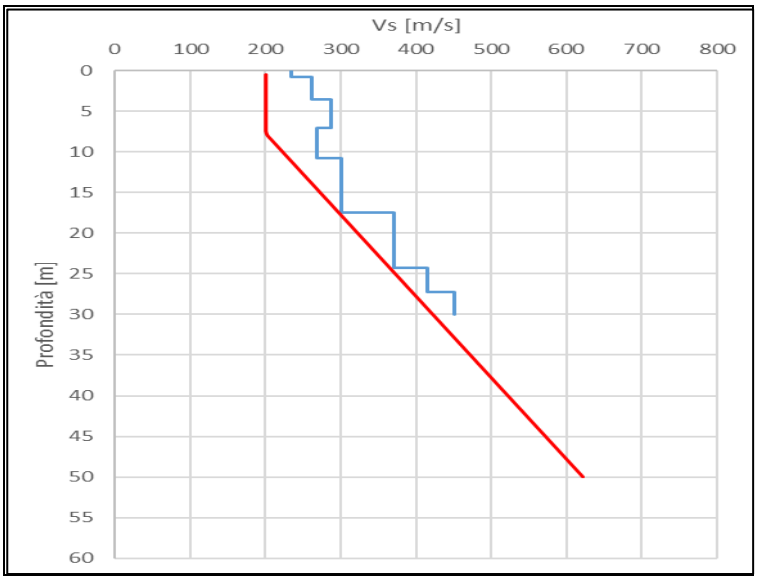
La valutazione degli effetti di amplificazione dovuti alla litologia è avvenuta mediante la procedura semplificata di 2° livello riportata nella D.G.R. 8/7374 del 28 Maggio 2008 e successivamente ripresa dalla D.G.R. IX/2616 del 30 Novembre 2011 di Regione Lombardia; la sua applicazione richiede la conoscenza della litologia prevalente dei materiali presenti in sito; e dell'andamento delle $V_{S,eq}$ con la profondità (spessore e velocità $V_{S,eq}$ di ciascuno strato); per la loro determinazione sono stati utilizzati i risultati ottenuti dalla esecuzione delle prove penetrometriche realizzate in sito unitamente ai dati relativi ad indagini geognostiche già realizzate ed alle stratigrafie delle indagini eseguite sul territorio comunale oltre che ai risultati emersi dall'esecuzione dell'indagine geofisica M.A.S.W.. La procedura fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valori di Fattori di Amplificazione (F_a) dal punto di vista degli effetti litologici, al fine di determinare se la normativa nazionale risulta sufficiente o meno nella stima degli effetti di amplificazione sismica locale sulla base del confronto tra gli F_a calcolati e quelli di riferimento indicati dalla Regione Lombardia per ciascun comune; lo studio è condotto con metodi quantitativi semplificati, validi per le amplificazioni litologiche ed è utilizzato per caratterizzare l'area in esame in funzione del fattore F_a. Tale valore di F_a si riferisce quindi agli intervalli di periodo 0.1-0.5s e 0.5-1.5s, in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più rappresentate sul territorio regionale, rispettivamente riferibili a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide (max. 4 piani) ed a strutture alte e flessibili (5 o più piani).

Sulla base dei parametri geotecnici e litologici si individua la litologia prevalente del sito e da questa si sceglie la relativa scheda di riferimento tra quelle riportate nella citata normativa regionale, che può essere utilizzata se l'andamento delle $V_{S,eq}$ ricade nel campo di validità dell'apposito diagramma riportato nella scheda. Successivamente ricavando lo spessore del primo "sismo-strato" con $V_{S,eq}$ pari ad almeno 200 m/s (il cui spessore deve essere di almeno 4 metri) si determina quali curve tra quelle riportate nella scheda per i due diversi intervalli di periodo descritti occorre utilizzare per la valutazione del Fattore di Amplificazione, sulla base del periodo T del sito (calcolato a partire dall'andamento delle $V_{S,eq}$ con la profondità fino agli 800 m/s direttamente misurati o ipotizzati con adeguato gradiente).

STIMA DEGLI EFFETTI LITOLOGICI
ai sensi della D.G.R. IX/2616 - 30.11.2011 di Regione Lombardia

Scheda "LITOLOGIA LIMOSO-SABBIOSA TIPO 2"

L1		
Spess. (m)	**Prof. (m)**	**V_s (m/s)**
0,8	0,8	235
2,7	3,5	262
3,6	7,1	288
3,7	10,8	269
6,7	17,5	301
6,8	24,3	371
2,9	27,2	416
2,8	30,0	451

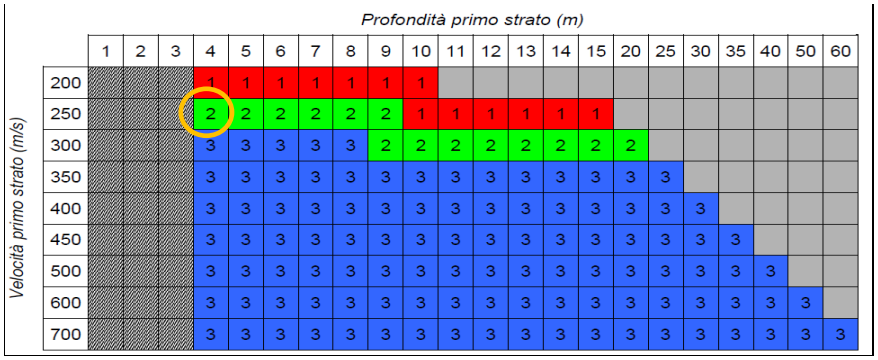


$V_{S,eq}$ (m/s)	Cat. sottosuolo
320,06	C

Periodo T (s)
0,68

Primo strato	
Prof. (m)	4,0
V_s (m/s)	259,9

Curva caratteristica	
n.	3



VERIFICA

Periodo	Valori F_a di sito	Valori F_a di soglia Comune di VIGNATE			
		Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1 < T < 0.5 s	**1,90**	1,40	**1,90**	2,20	2,00
0.5 < T < 1.5 s	**1,55**	1,70	**2,40**	4,20	3,10

La procedura ha permesso di stimare gli F_a con le schede di valutazione sopra riportate e di confrontarli con i corrispettivi valori di soglia, considerando una variabilità di ±0.1, che tiene conto la variabilità dei valori degli F_a ottenuti.

Dalla verifica deriva che, sia nel caso di edifici bassi che caso di edifici alti, il valore di F_a calcolato e riferito alla categoria di suolo C è inferiore al valore di riferimento; pertanto, lo spettro proposto dalla normativa per suoli di tipo C risulta sufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

RAPPRESENTAZIONE ED INTERPRETAZIONE DATI SISMICI H.V.S.R.

Al fine di fornire i valori di frequenza caratteristica del sito è stata eseguita una acquisizione puntuale (TR1) in passivo del microtremore sismico ambientale mediante geofono triassiale 3D per una durata di 20 minuti. Si riportano di seguito i relativi diagrammi H/V elaborati dalla misurazione effettuata sull'area (fig. 5, fig. 6, fig. 7).

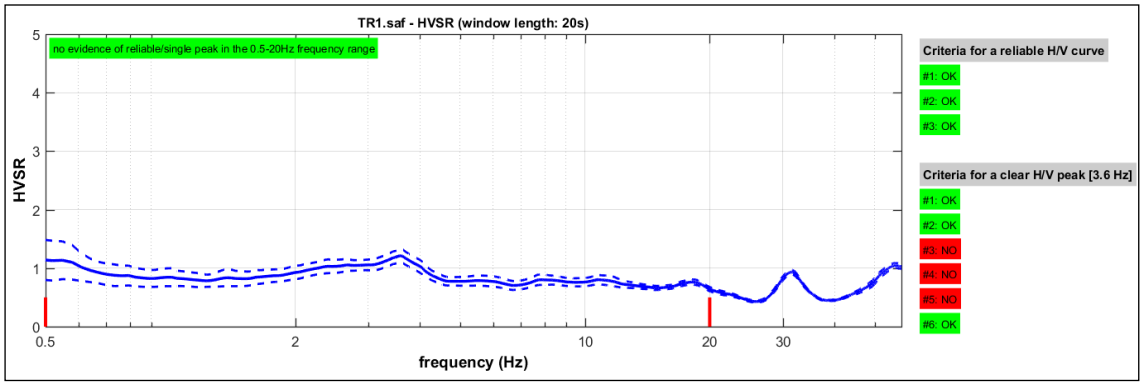


Figura 5: Rapporti spettrali H/V vs Hz rilevazione sismica passiva **TR1**.

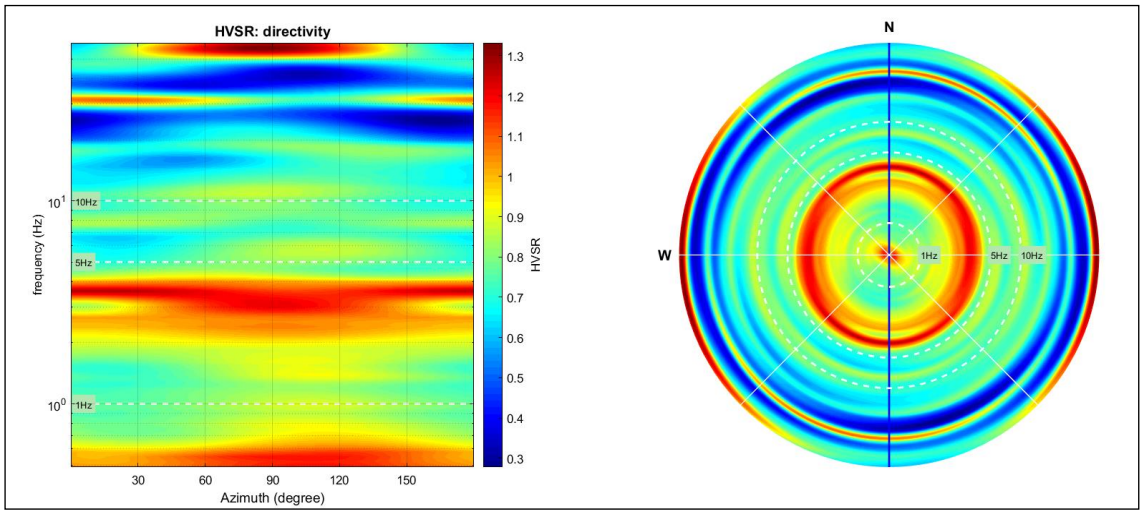


Figura 6: Direzionalità H/V rilevazione sismica passiva **TR1**.

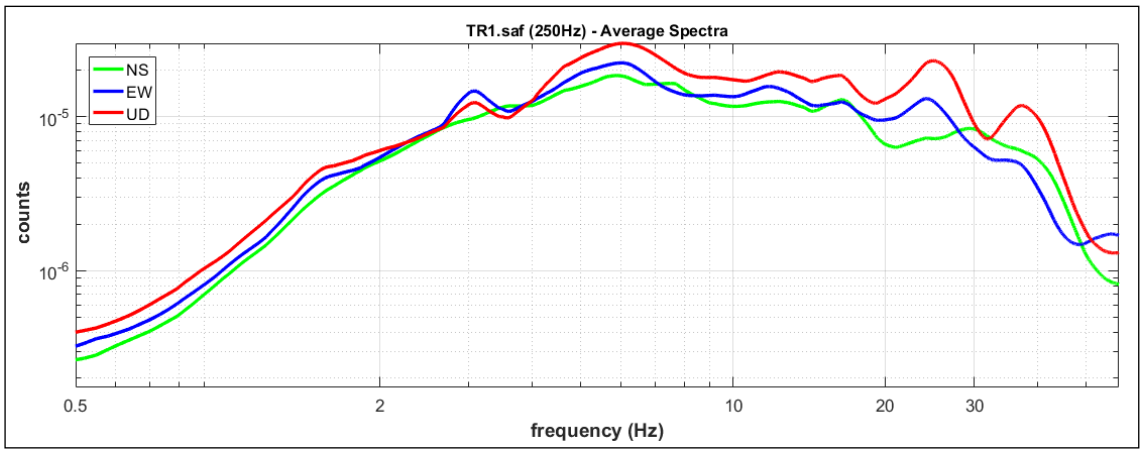


Figura 7: Spettri delle singole componenti rilevazione sismica passiva **TR1**.

FREQUENZA CARATTERISTICA DI RISONANZA DEL SITO

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dalla sua altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula:

freq. naturale edificio ≅ 10 Hz / numero piani

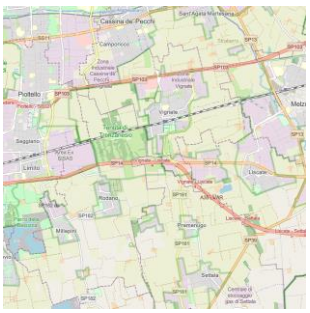
Si tenga conto che se si verifica la seguente somiglianza tra risonanza del terreno e della struttura, si creano condizioni di pericolo, perché si dà luogo alla massima amplificazione:

freq. naturale edificio ≅ freq. naturale coperture

Dall'elaborazione dei risultati e dall'analisi degli stessi non si osservano importanti contrasti di impedenza che generano picchi accentuati anche se è possibile è possibile riconosce un picco principale alla frequenza di 3.60 Hz.

Si evince che tali valori di frequenza caratteristica ed i valori di frequenza fondamentale di risonanza delle strutture esistenti ed in progetto dovranno essere sufficientemente diversi così da non comportare il verificarsi di fenomeni di doppia risonanza.

VIGNATE (MI)



RELAZIONE DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)

D.M. 17.01.2018 (NTC 2018)

STACK MIL 05 B

VIA PUGLIA SNC, VIGNATE (MI)

Committente:

L22

Lombardini22 S.p.A.

Via Lombardini 22 20143 Milano, Italia

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
SIMONE SCARABELLI
geologo specialista
Albo n. 1372 AP
sezione A

Data 13/05/2025				
cod. 36/25		redatto	controllato	approvato
Rev0 Int1		M.Sala	S.Scarabelli	S.Scarabelli
Rev1 Int2				
Rev2 Int3				
Rev3 Int4				

SOMMARIO

1 PREMESSA 4
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 6
3 BIBLIOGRAFIA 7
4 SOFTWARE 8
5 STATO DI FATTO E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO 9
6 CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE 11
6.1 PROVA M.A.S.W. 12
6.2 PROVA H.V.S.R. 12
7 STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO 14
8 SISMICITÀ 15
8.1 ZONA SISMICA 15
8.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA 30
8.3 FREQUENZA CARATTERISTICA DI RISONANZA DEL SITO 32
8.4 ANALISI DI II LIVELLO 33
9 ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE 37
9.1 SISMOSTRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO 37
9.2 Accelerazione di base a(g) 41
9.3 Dati di disaggregazione 42
9.4 Estrazione accelerogrammi di input 44
9.5 Procedura di calcolo 48
9.6 Valutazione della risposta sismica locale 54
9.7 Risultati della risposta sismica locale 55
9.7.1 Dati generali 55
9.7.2 Modello realizzato con gli accelerogrammi allo SLO 61

9.7.3 Modello realizzato con gli accelerogrammi allo SLD 75
9.7.4 Modello realizzato con gli accelerogrammi allo SLV 89
9.7.5 Modello realizzato con gli accelerogrammi allo SLC 103
9.8 Parametri sismici di riferimento 116
10 CONCLUSIONI 118
ALLEGATO 1 – DOCUMENTAZIONE PROVE MASW/HVSR 119

1 PREMESSA

La presente relazione, redatta per conto della società Lombardini 22 S.p.A., costituisce il supporto sismico preliminare alla progettazione dei lavori per la realizzazione di un nuovo Data Center su terreni siti in Comune di Vignate (MI), via Puglia.

Figura 1: Ortofoto con ubicazione area in esame.

Tale relazione ottempera a quanto richiesto dal D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" ed è finalizzata in particolare alla caratterizzazione sismica di dettaglio del sito tramite apposita analisi di Risposta Sismica Locale (RSL). Più nel dettaglio la Risposta Sismica Locale è la valutazione dell'azione sismica di progetto svolta in maniera rigorosa in accordo con quanto riportato dalle NTC2018 al cap.3.2.2, dove viene esplicitamente detto che: "*Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valutamediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3…".*

In assenza di tali analisi, per determinati assetti sismostratigrafici, è possibile stimare l'azione sismica con l'approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Nel caso in esame si è proceduto ad effettuare delle specifiche analisi sismiche e alla valutazione della Risposta Sismica Locale.

L'esecuzione di una Risposta Sismica Locale consente di ottenere una valutazione dell'amplificazione locale più rigorosa dell'approccio semplificato.

I punti fondamentali nella stima dell'azione sismica, sulla base di specifiche analisi di RSL, possono essere così schematizzati:

- definizione dell'input sismico rappresentativo dell'azione sismica al tetto del bedrock sismico, da dove si presume che inizi l'amplificazione locale;
- determinazione di un adeguato modello geologico e parametrizzazione degli strati individuati;
- determinazioni analitiche;
- scelta e rappresentazione dei parametri di output.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente elaborato è stato redatto in accordo con le normative di seguito elencate:

- D.M. LL.PP. 17.01.18 *"Norme tecniche per le costruzioni – Testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni, di cui alla legge 5 novembre 1971, n.1086, alla legge 2 febbraio 1974, n.64, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n.380, ed al decreto-legge 28 maggio 2004, n.136, convertito con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n.186"*;
- Circolare n.7 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici 21.01.19 *"Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018"*;
- O.P.C.M. n.3519 28.04.06 *"Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"*;
- Allegato al voto n.36 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici 27.07.07 *"Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale"*;
- D.d.u.o. n. 19940 del 21 novembre 2003 "*Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all'art. 2, commi 3 e 4 dell'ordinanza p.c.m. n. 3274 del 20 marzo 2003, in attuazione della d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003*";
- D.G.R. 28.05.2008 n. 8/7374 – Aggiornamento dei "*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11.03.2005 n. 12*".

3 BIBLIOGRAFIA

- Idriss I.M. and Sun J.I., 1992. SHAKE91 – a computer program for conducting equivalent linear seismic response analyses of horizontally layered soils deposits. University of California, Davis;
- Sabetta F. and Pugliese A, 1996. Estimation of response spectra and simulation of nonstationary earthquake ground motions. Bull. Seism. Soc. Am., 86, 337-352.

4 SOFTWARE

Per la definizione dell'azione sismica di progetto è stata svolta la valutazione della Risposta Sismica Locale riferita al terreno di fondazione delle opere di nuova realizzazione.

I software usati sono:

- Rexel V.3.5 – REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis - Iunio Iervolino · Carmine Galasso · Edoardo Cosenza;
- RSL III – Geostru.

5 STATO DI FATTO E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'area interessata dall'intervento in progetto si trova in corrispondenza della porzione periferica esterna verso Nord/Nord-Ovest rispetto al centro abitato di Vignate, più precisamente in fregio a via Puglia, in una zona caratterizzata da insediamenti di carattere prevalentemente artigianale-industriale.

Nella figura seguente è rappresentato l'inquadramento geografico di riferimento, con indicazione dell'area oggetto di intervento.

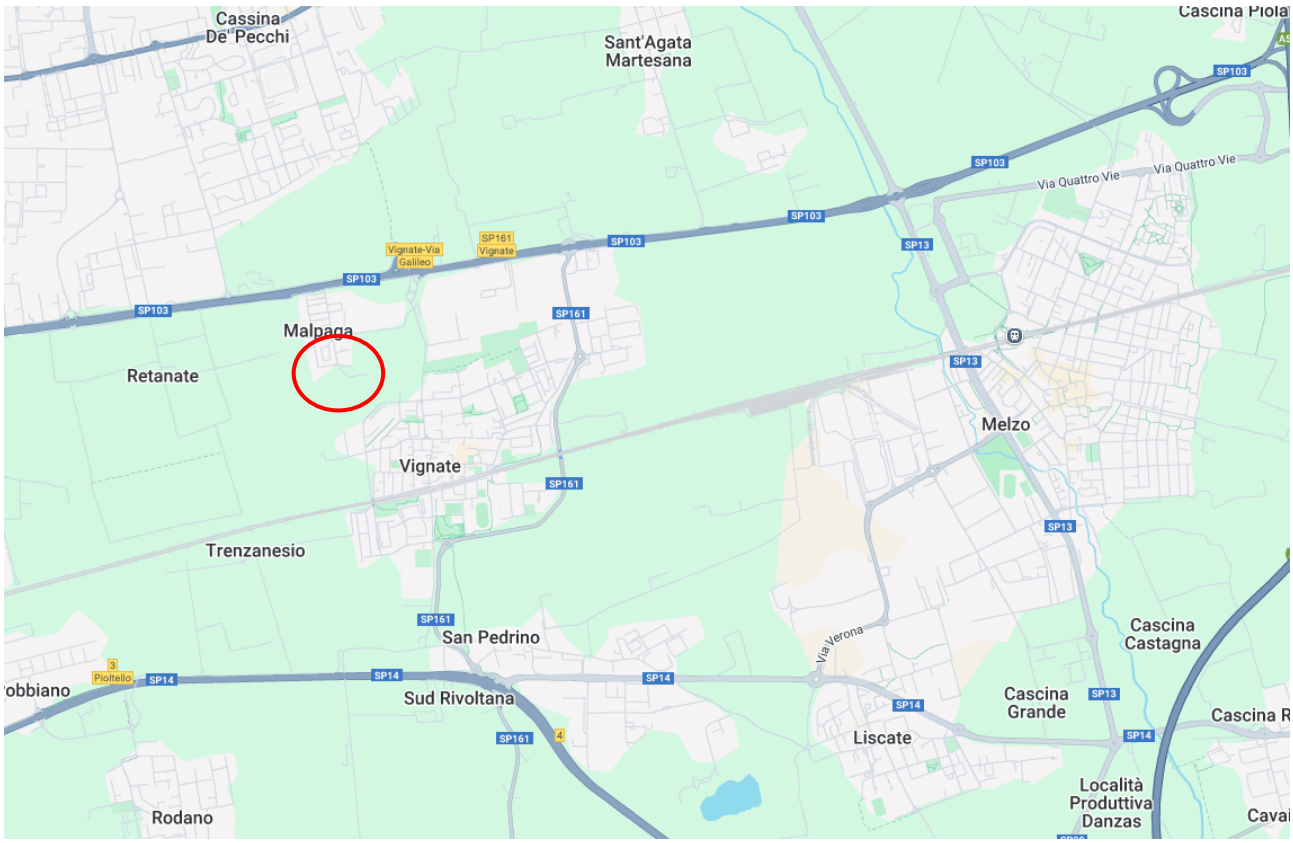


Figura 2: Inquadramento geografico di riferimento.

L'area in esame è catastalmente identificata dal Foglio n.3, Mappali n.114, occupato da un esistente capannone, e n.115, n.116, n.117, n.293, attualmente incolti, del Comune di Vignate.

Il progetto prevede la realizzazione, previa demolizione del fabbricato sito in corrispondenza del mappale n.114, di un nuovo capannone da adibire a Data Center che presenterà pianta ad "L" inclusa nelle dimensioni planimetriche massime di mq 170 x 80 ed elevazione massima di circa 8 metri.

La viabilità si svilupperà ad anello intorno al fabbricato principale.

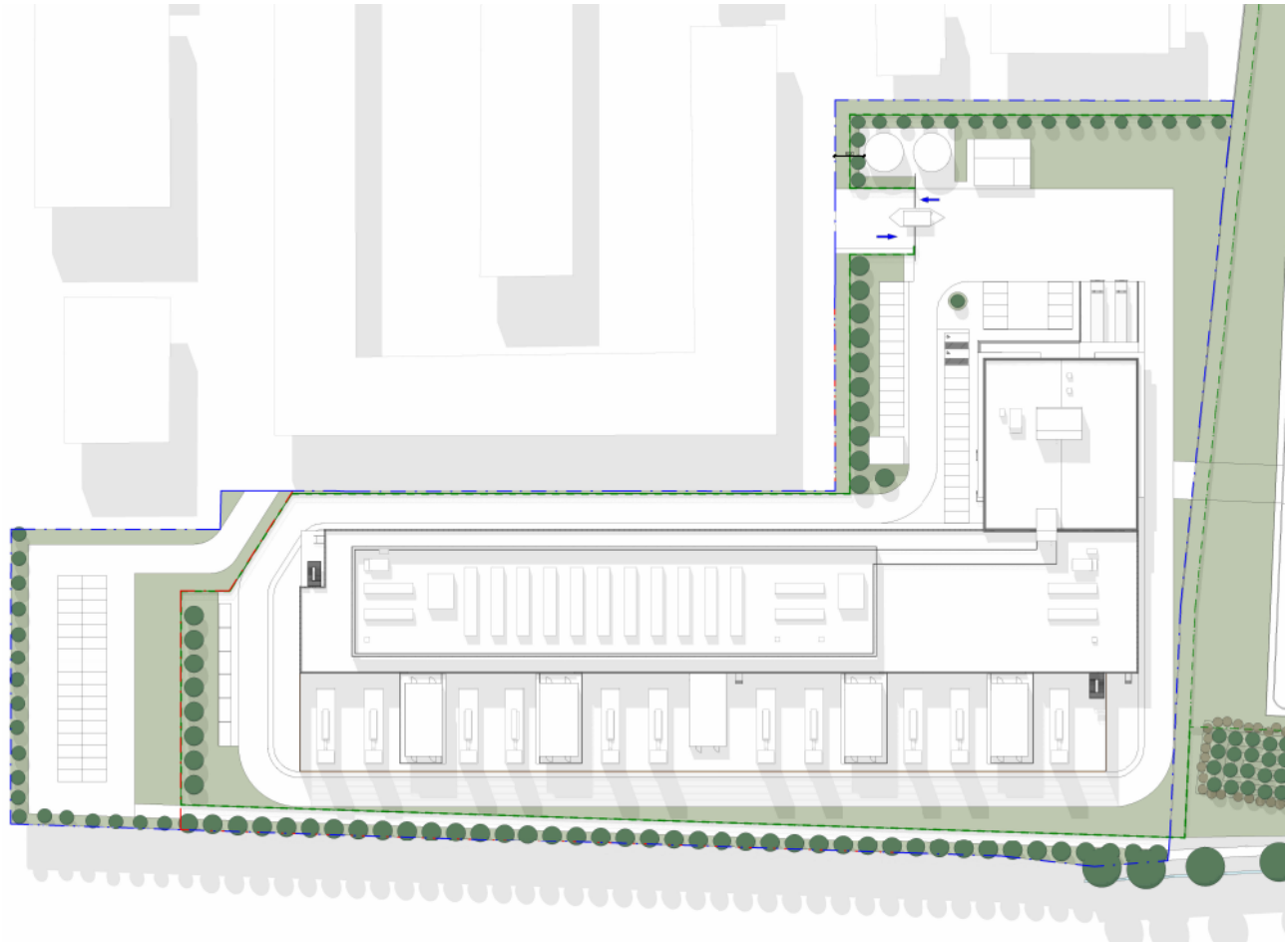


Figura 3: Masterplan intervento in progetto.

6 CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini geofisiche realizzate nel sedime di intervento sono le seguenti:

- n.1 base sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) della lunghezza complessiva di 60.0m (L1);
- n.1 rilevazione puntuale del microtremore sismico ambientale della durata di 20 minuti (TR1);

Figura 4: Ortofoto con ubicazione indagini geofisiche.

Di seguito si illustrano i dettagli e le modalità esecutive delle indagini.

6.1 PROVA M.A.S.W.

L'acquisizione di campagna è stata condotta con il sismografo Pasi modello Gea 24 con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtraggio digitale programmabile (per la riduzione dei rumori) e guadagno automatico del segnale (in ampiezza).

Sono stati utilizzati n.12 geofoni verticali da 4.5 Hz spaziati di 5m con offset a 5m di distanza dal primo geofono, l'energizzazione è avvenuta tramite mazza del peso di 10 Kg.

Per avere un'approfondita Analisi Multicanale delle Onde di Superficie (M.A.S.W.), il dataset è stato ottenuto mediante le seguenti modalità di acquisizione:

- Dataset Onde Rayleigh componente verticale (ZVF)

  - n.12 geofoni verticali da 4.5 Hz

  - Energizzazione verticale su piastra quadrata in lega di alluminio

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software WinMASW 3C 7.2 beta e nell'analisi sono stati scelti i dataset migliori acquisiti scegliendo il più rappresentativo per le Onde di Rayleigh (ZVF). Una volta individuato il dataset da utilizzare è stato determinato lo spettro di velocità e successivamente è stata effettuata la modellazione.

È necessario sottolineare che l'interpretazione delle indagini geofisiche viene fatta nell'ipotesi che gli strati del sottosuolo siano omogenei, orizzontali e con superfici di separazione piano parallele. Si rammenta infine come, in ogni caso, la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira attorno al 10-15%.

6.2 PROVA H.V.S.R.

Si tratta di una metodologia sismica passiva, finalizzata alla determinazione dei valori di frequenza caratteristica del sito e del suolo al fine di verificare che non vi siano eventuali effetti di doppia risonanza, che potrebbero inficiare sulla stabilità delle strutture.

Nel contempo la misurazione effettuata sul terreno ha permesso di verificare la presenza di eventuali orizzonti rifrattori più profondi rispetto alla massima profondità indagata con la sismica attiva.

La misurazione è stata eseguita mediante l'utilizzo di un geofono triassiale digitale 3D PASI, modello Gemini ed i dati sono stati rielaborati tramite software WinMASW 3C 7.2 beta.

Tale indagine geofisica si avvale della tecnica di Nakamura (1989) e sui rapporti spettrali H.V.S.R. (Horizzontal to Vertical Spectral Ratio); viene misurato il microtremore sismico ambientale (rumore sismico) presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Per poter effettuare tale misurazione lo strumento racchiude tre velocimetri elettrodinamici ortogonali tra loro ad alta definizione con frequenza naturale di risonanza 2.0 Hz.

I dati vengono registrati su pc collegato alla strumentazione. Durante la misura si è orientata una delle componenti orizzontali parallelamente alla direzione dello stendimento sismico, per consentire una eventuale ripetizione e sovrapposizione delle registrazioni in tempi successivi.

Operativamente si è proceduto alla registrazione del rumore sismico sulle tre componenti per un intervallo di tempo di 20 minuti.

7 STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO

L'esame dei campioni prelevati nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo e dei diagrammi di resistenza penetrometrica relativi alle prove penetrometriche eseguite in sito ha consentito di definire uno schema nel quale si identificano degli orizzonti litostratigrafici sovrapposti, aventi caratteristiche di resistenza alla penetrazione statica e parametri litologici e geomeccanici specifici.

Tali risultanze evidenziano una situazione litostratigrafica discretamente omogenea nelle verticali di indagine, in particolare i terreni indagati risultano sostanzialmente costituiti da alternanze di livelli ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi con grado di addensamento alternativamente più o meno elevato.

Il modello litostratigrafico locale può essere così proposto:

Strato	Profondità [m]	Litologia
1	da 0.0 a 1.60/2.0	Limi sabbiosi debolmente argillosi di colore marrone localmente sovrastati da materiali eterogenei di riporto
2	da 1.60/2.0 a 4.5/5.50	Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici in poca matrice fine limoso-argillosa
3	da 4.5/5.50 a 7.50/10.50	Sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice fine limoso-argillosa più o meno abbondante
4	da 7.50/10.50 a 12.0/16.0	Ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici in poca matrice fine limoso-argillosa
5	> 16.0	Alternanze di ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice fine limoso-argillosa più o meno abbondante e sabbie da fini a medie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice fine limoso-argillosa più o meno abbondante

La falda è stata riscontrata a profondità di circa -4.50 metri dall'attuale piano campagna.

8 SISMICITÀ

8.1 ZONA SISMICA

Secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Lombardia dell'11 luglio 2014 n.2129 entrata in vigore il 10 aprile 2016, il territorio di Vignate è classificato in zona sismica 3.

Zona sismica 3	Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.
AgMax 0,057162	Accelerazione massima presente all'interno del territorio comunale.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	*Descrizione*	*accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]*	*accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag]*	*numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)*
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25$ g	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g	3.002
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05$ g	0,05 g	1.982

Figura 5: Zone sismiche in cui è stato diviso il territorio nazionale secondo l'Ordinanza del PCM n. 3519/2006.

La figura seguente mostra la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, successivamente è riportata l'immagine dell'area di interesse e l'accelerazione al suolo con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni del comune di **Vignate** pari a **PGA = 0.05g – 0,15g**, valore caratteristico della **zona sismica di tipo 3**.

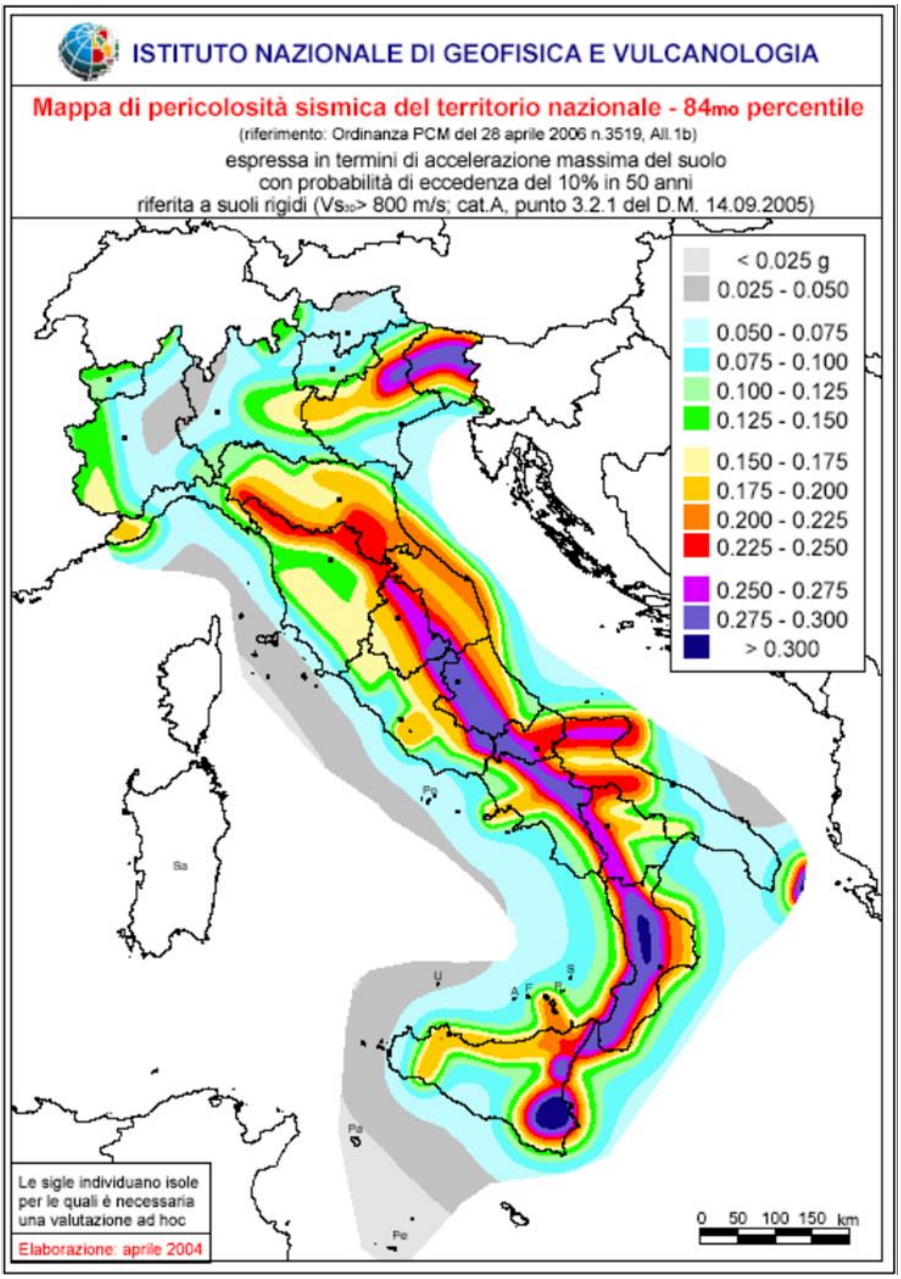


Figura 6: All.1b dell'Ordinanza PCM 3598 del 28/04/2006 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale in cui l'accelerazione massima del suolo viene espressa con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

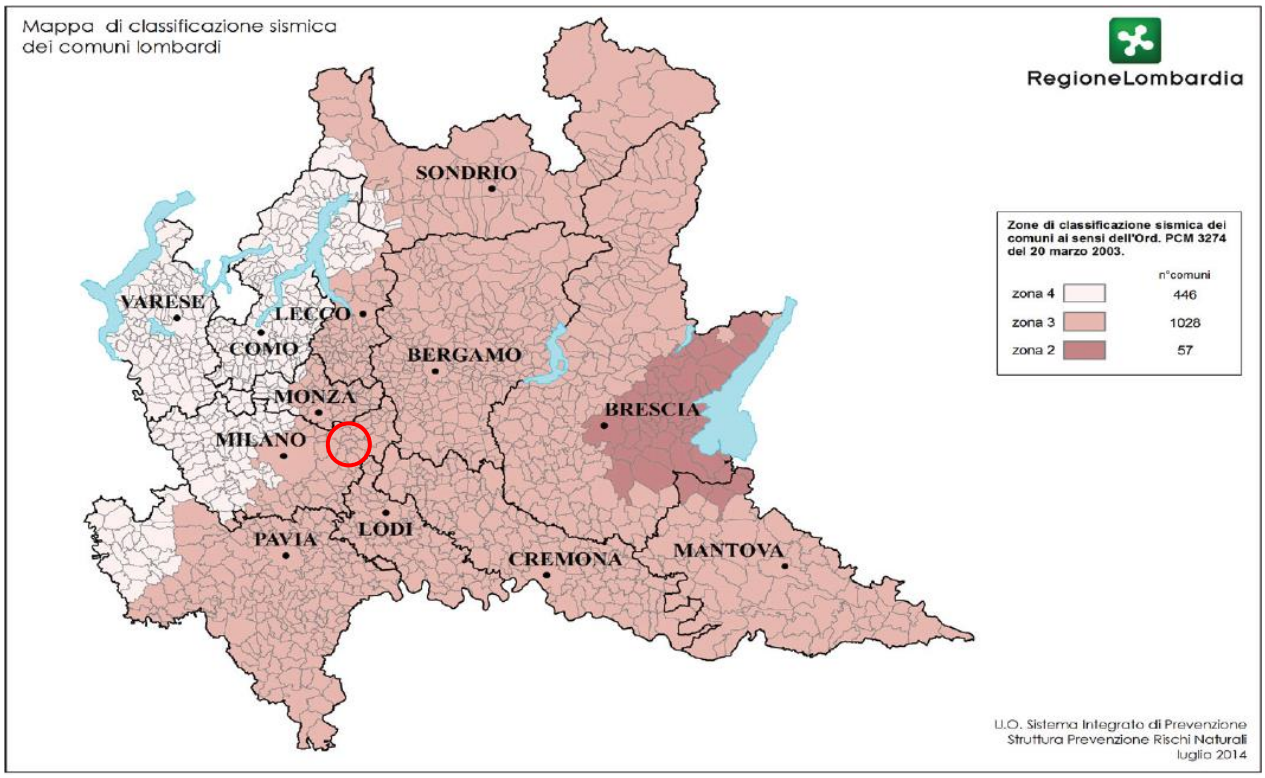
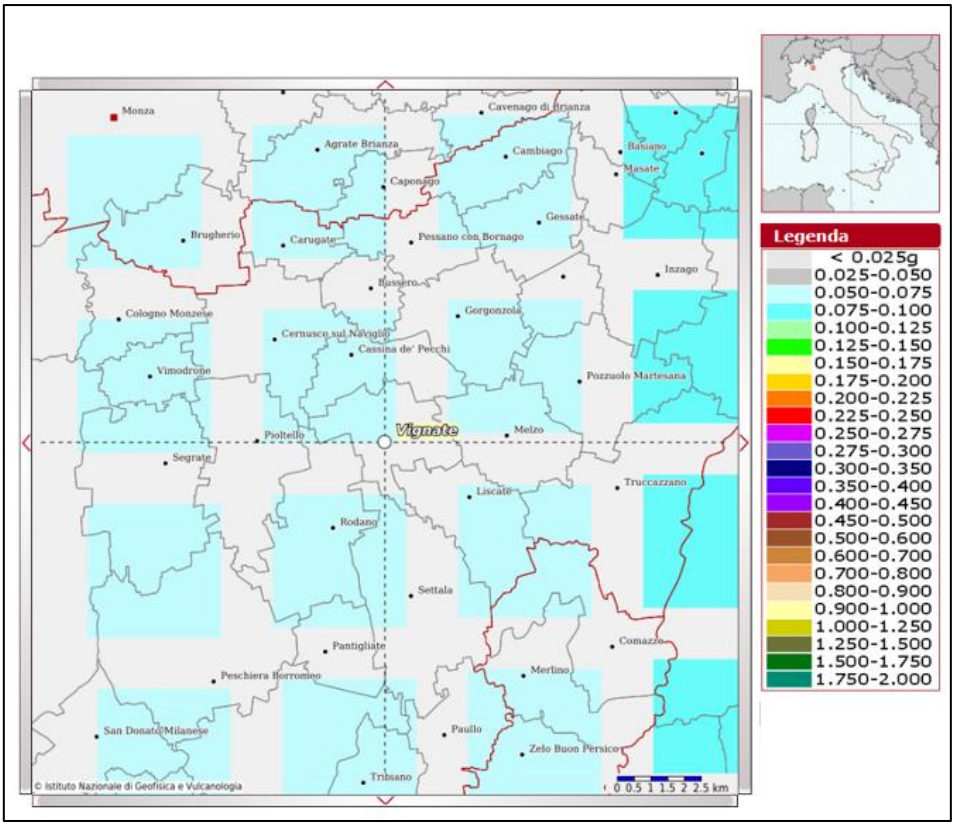


Figura 7: Classificazione sismica dei comuni della Lombardia a seguito della D.G.R. n. X/2129.

In base all'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, sono state definite sulla base di più approfonditi studi, le zone di pericolosità sismica per il territorio nazionale ed è stata definita la mappa di pericolosità sismica MPSO4, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Vs30>800 m/s e TR= 475anni).

Le figure seguenti mostrano la disaggregazione per l'area oggetto di studio della stima di PGA (Peak Ground Acceleration) con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni, corrispondente ad un periodo di ritorno di 475 anni. Il grafico è una elaborazione che mostra il contributo delle sorgenti sismogenetiche alla pericolosità sismica di un certo sito: le sorgenti vengono discretizzate per intervalli di spazio e magnitudo.



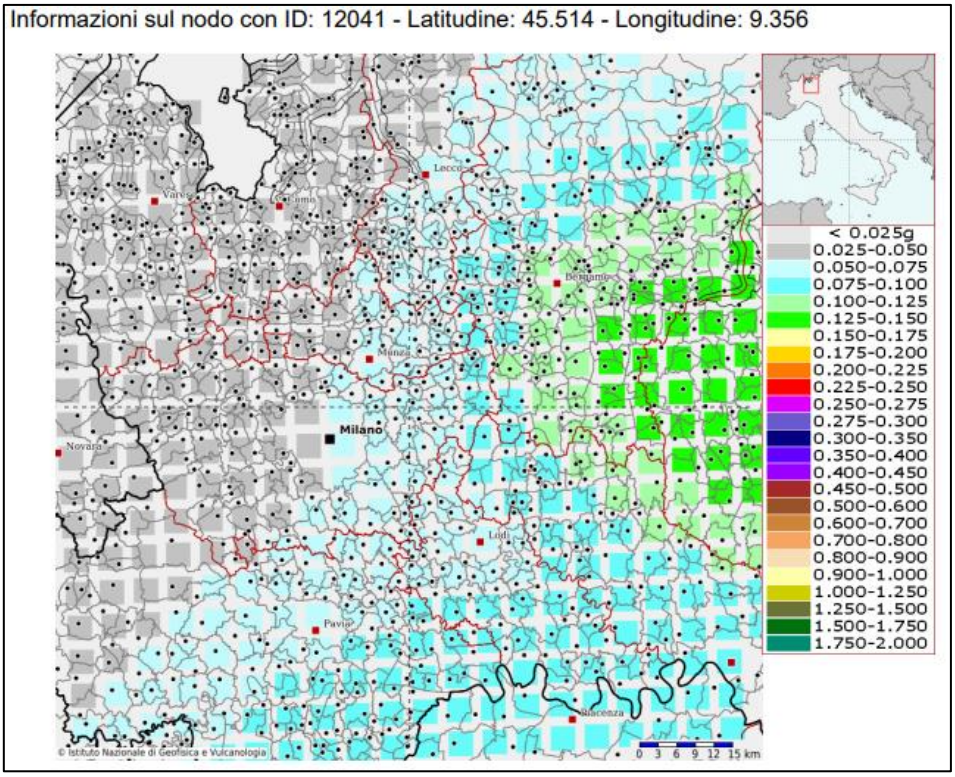


Figura 8: INGV - Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale – Comune di Vignate (MI).

La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, Vs30 > 800 m/s) e pianeggiante.

Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID **12041** (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

Grafico di disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.

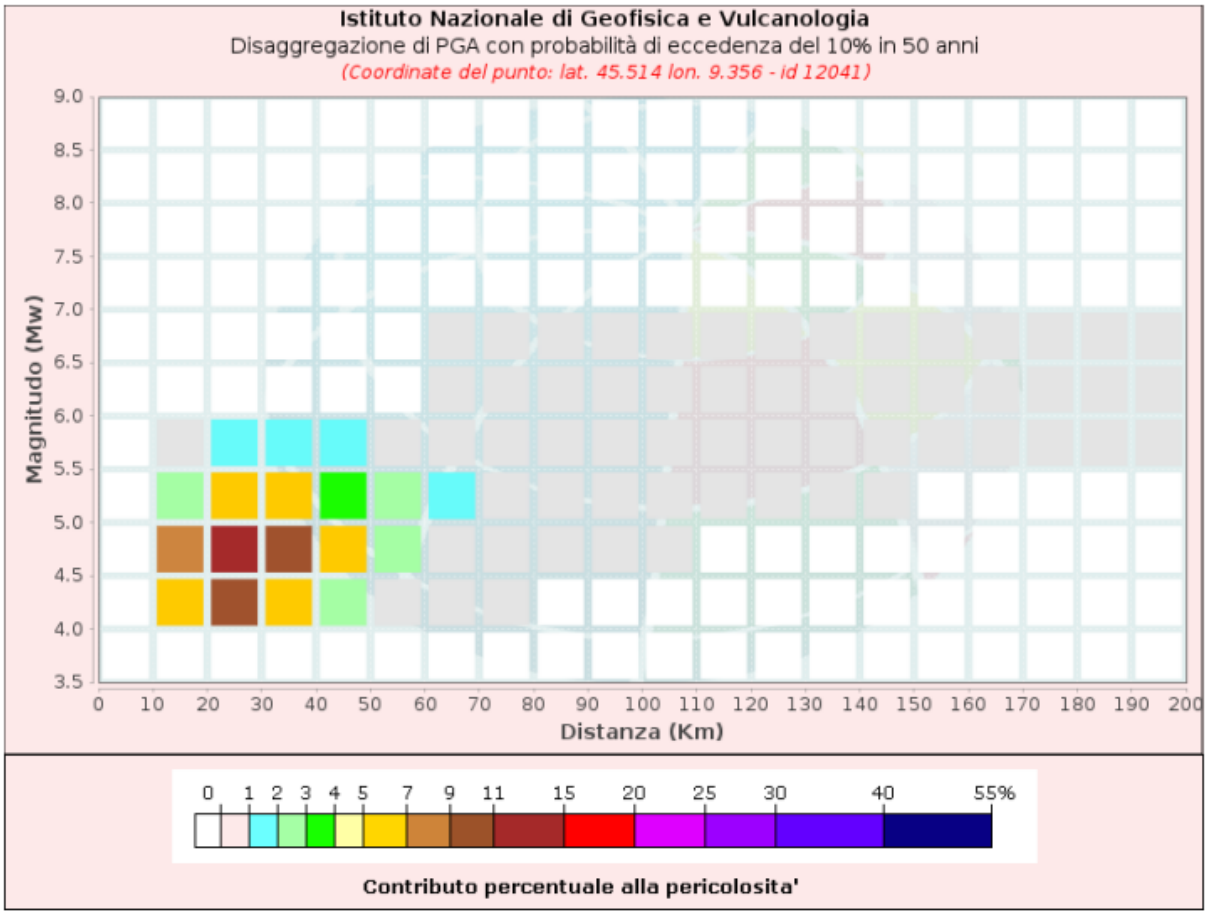

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 45.514 lon. 9.356 - id 12041)
Magnitudo (Mw)
9.0
8.5
8.0
7.5
7.0
6.5
6.0
5.5
5.0
4.5
4.0
3.5
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200
Distanza (Km)
0 1 2 3 4 5 7 9 11 15 20 25 30 40 55%
Contributo percentuale alla pericolosita'

Figura 9: Disaggregazione del valore a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV).

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

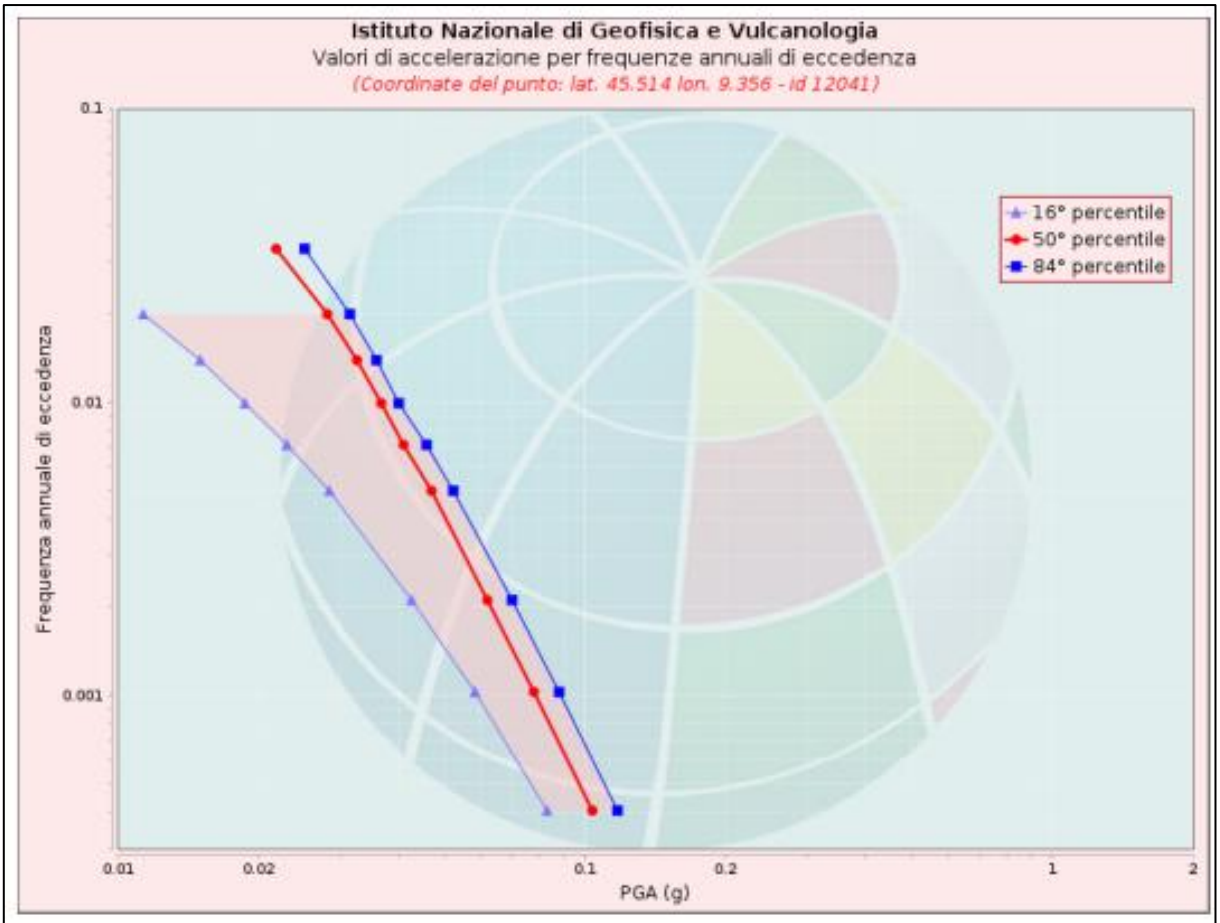
Distanza	Magnitudo									
in Km	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	5.7400	7.5500	2.4800	0.5710	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	9.2200	14.2000	5.8200	1.5800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	5.6600	10.5000	5.5400	1.6500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	2.5400	5.6900	3.7300	1.2300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.8000	2.4300	2.0000	0.7260	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.1610	0.9920	1.1500	0.5260	0.0996	0.0146	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0033	0.3500	0.7250	0.5070	0.2660	0.0409	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.1020	0.5450	0.5500	0.2900	0.0472	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0165	0.3430	0.5080	0.2770	0.0476	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0003	0.1600	0.4070	0.2920	0.0544	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0561	0.2770	0.2520	0.0506	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0161	0.2120	0.1990	0.0385	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0042	0.1520	0.1530	0.0282	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0746	0.1040	0.0206	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0312	0.0637	0.0138	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0131	0.0387	0.0094	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0060	0.0305	0.0068	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0027	0.0292	0.0050	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0264	0.0040	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 4.88 ; distanza = 36.9 ; epsilon = 1.28

Figura 10: Disaggregazione del valore a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV).

Curve di pericolosità

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.



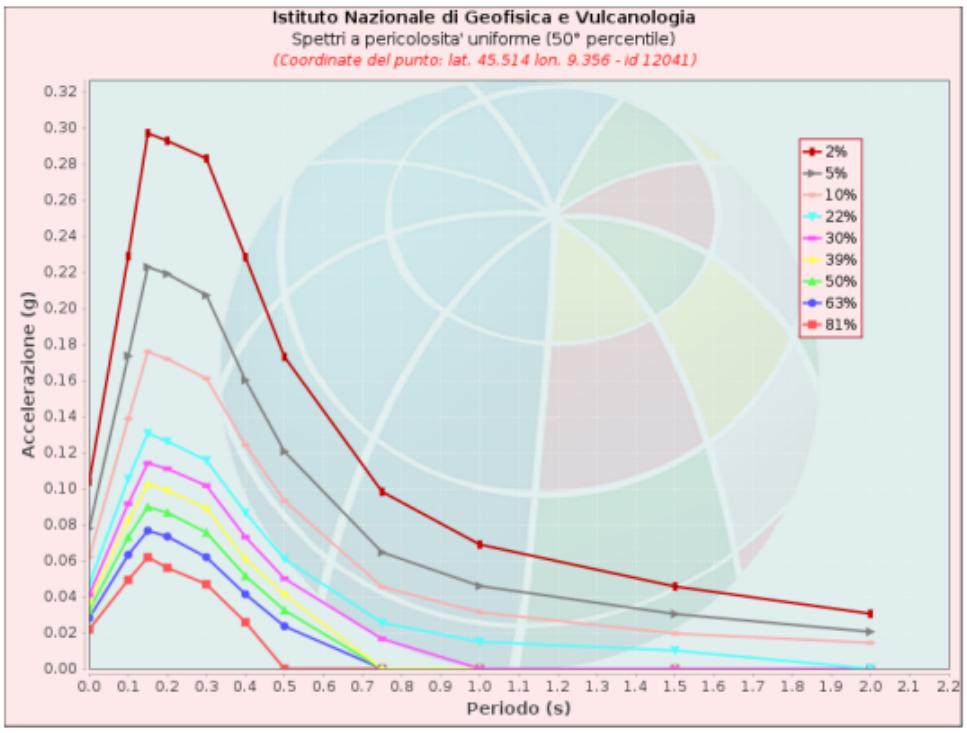
Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza

Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.083	0.104	0.118
0.0010	0.058	0.078	0.088
0.0021	0.043	0.062	0.070
0.0050	0.028	0.047	0.052
0.0071	0.023	0.041	0.046
0.0099	0.019	0.037	0.040
0.0139	0.015	0.033	0.036
0.0199	0.011	0.028	0.031
0.0332	0.000	0.022	0.025

Figura 11: Curve di pericolosità.

Spettri a pericolosità uniforme

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità. I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.



Spettri a pericolosita' uniforme (50° percentile)

PoE in 50 anni	Accelerazione (g) Periodo (s) 0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.104	0.229	0.297	0.293	0.283	0.228	0.173	0.098	0.069	0.046	0.031
5%	0.078	0.174	0.223	0.219	0.207	0.160	0.121	0.065	0.046	0.030	0.020
10%	0.062	0.139	0.176	0.172	0.161	0.124	0.093	0.045	0.031	0.020	0.014
22%	0.047	0.105	0.131	0.126	0.116	0.087	0.061	0.025	0.015	0.010	0.000
30%	0.041	0.092	0.114	0.111	0.102	0.073	0.050	0.017	0.000	0.000	0.000
39%	0.037	0.082	0.102	0.099	0.089	0.061	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	0.033	0.073	0.090	0.087	0.076	0.051	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000
63%	0.028	0.063	0.077	0.073	0.062	0.041	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000
81%	0.022	0.049	0.062	0.056	0.047	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 12: Spettri a pericolosità uniforme.

Si riporta di seguito la carta delle zone sismogenetiche ZS9 dell'Italia.

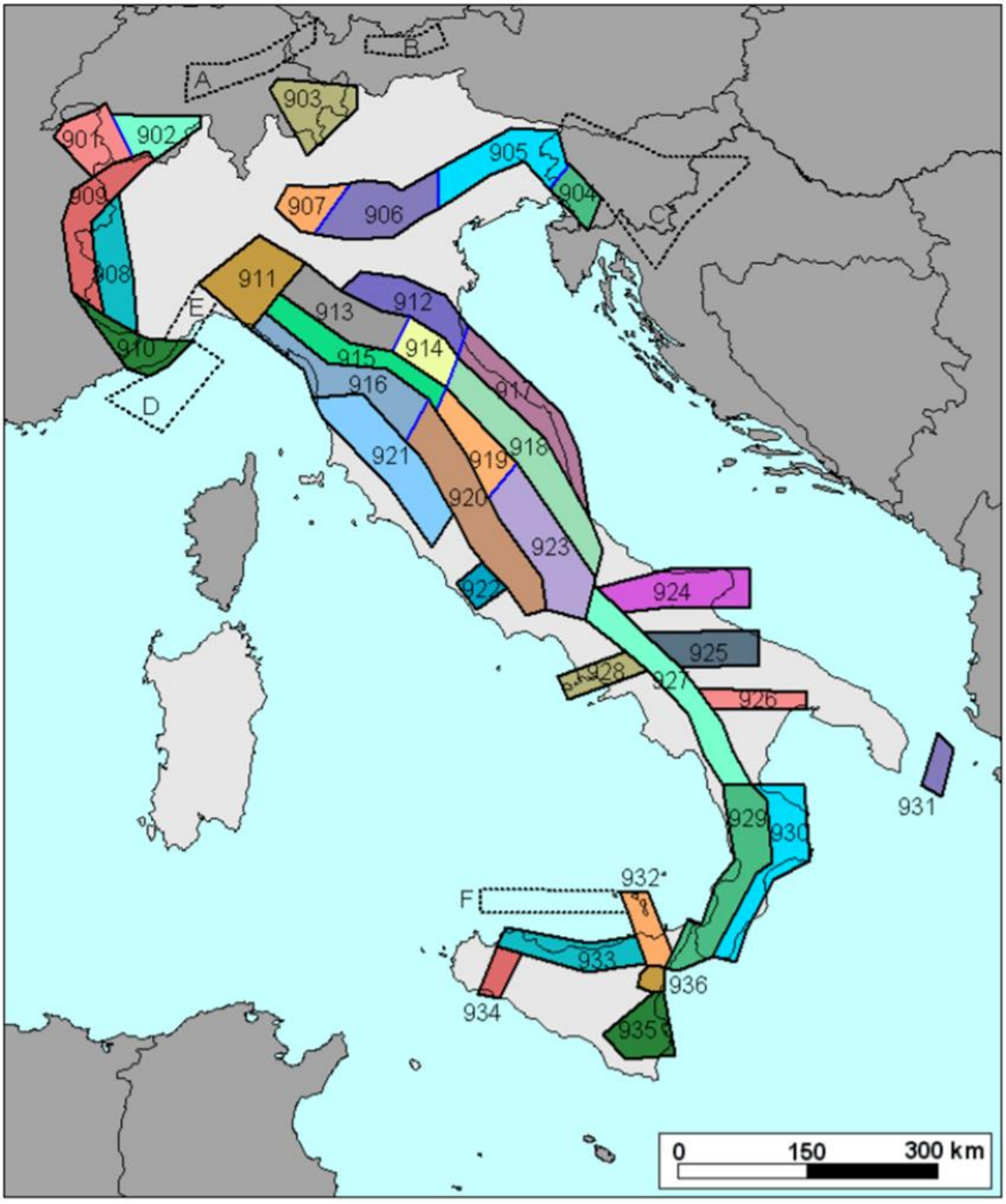


Figura 13: Zonazione sismogenetica ZS9.

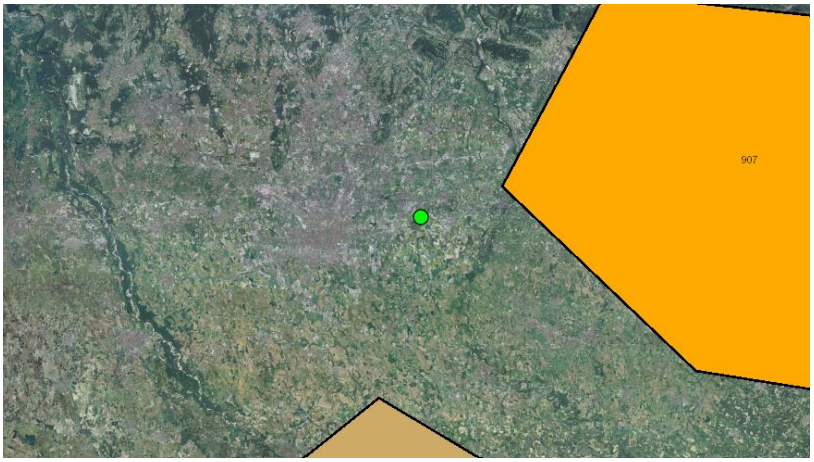


Figura 14: zonazione sismogenetica ZS9, con ubicazione area in esame.

Come è possibile vedere alla figura precedente, l'area oggetto d'interesse non ricade all'interno di nessuna delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti et al. 2008), utilizzata per la compilazione della mappa di pericolosità sismica MPS04.

Per il calcolo sismico si può prendere in considerazione la magnitudo calcolata dalla disaggregazione e quindi pari a 4.88.

CPTI15 V4.0

La nuova versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 rappresenta una significativa evoluzione rispetto alle versioni precedenti, che sono quindi da considerare del tutto superate. Anche se i criteri generali di compilazione e la struttura sono gli stessi della precedente versione CPTI11 (Rovida et al., 2011), il contenuto del catalogo è stato ampiamente rivisto per quanto concerne:

- la copertura temporale, estesa a tutto il 2020;
- il database macrosismico di riferimento (DBMI15 versione 4.0; Locati et al., 2022), significativamente aggiornato;
- i dati strumentali considerati, nuovi e/o aggiornati;
- le soglie di ingresso dei terremoti, abbassate a intensità massima 5 o magnitudo 4.0 (invece di 5-6 e 4.5 rispettivamente);
- la determinazione dei parametri macrosismici, basata su una nuova calibrazione dell'algoritmo Boxer;
- le magnitudo strumentali, che comprendono un nuovo set di dati e nuove relazioni di conversione.

Il catalogo copre l'intero territorio italiano con porzioni delle aree e dei mari confinanti (Figura 1), e contiene 4894 terremoti nella finestra temporale 1000-2020. Il catalogo, quindi, considera e armonizza il più possibile dati di base di diverso tipo e provenienza.

La magnitudo utilizzata è la magnitudo momento (Mw) e in tutti i casi è riportata la relativa incertezza. Tutti i dati e i metodi utilizzati sono accuratamente esplicitati nel catalogo per garantire la massima trasparenza possibile nelle procedure di compilazione. Al pari di CPTI11, il catalogo non è stato declusterato e contiene quindi tutti i foreshocks e le repliche disponibili e conosciuti all'interno delle soglie di magnitudo e intensità considerate.

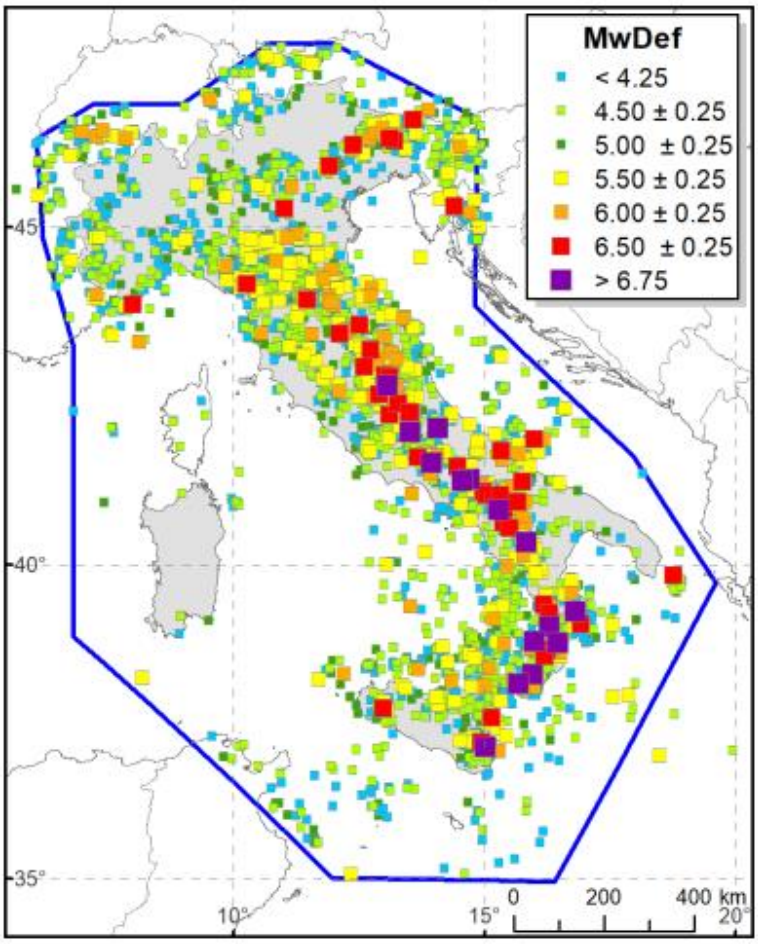


Figura 15: Distribuzione geografica degli epicentri dei terremoti contenuti in CPTI15 per classi di Mw e limite della copertura spaziale (poligono blu).

Il catalogo include i terremoti con intensità massima o epicentrale maggiore o uguale a 5, insieme a quelli con magnitudo strumentale equivalente (secondo i metodi e le conversioni descritte nel seguito) a Mw 4.0 o superiore. Alcuni terremoti con Mw < 4.0 sono inclusi nel catalogo per le seguenti ragioni:

- per i terremoti dell'area vulcanica dell'Etna, la soglia di magnitudo è Mw 3.0 ma restano inclusi tutti i terremoti con intensità massima e/o epicentrale 5;
- per i terremoti nell'area vulcanica dei Campi Flegrei la soglia di magnitudo è Mw 3.1, corrispondente a intensità epicentrale 5 secondo le conversioni utilizzate;
- i terremoti contenuti in CPTI11 sono stati tutti, tranne alcuni dell'area etnea e gli eventi dimostrati falsi, mantenuti nella nuova versione del catalogo, anche se i nuovi dati o le nuove calibrazioni (o entrambi) hanno portato a stime di Mw < 4.0.

L'attuale versione del catalogo CPTI15 v4.0 consiste i) nell'estensione della copertura temporale della precedente versione 3.0 dalla fine 2019 al 31 dicembre 2020 e ii) nell'aggiornamento dei parametri di alcuni terremoti nel periodo settembre 2018 – dicembre 2019 conseguente alla pubblicazione e inserimento del Bollettino Rivisto dell'ISC (International Seismological Centre) per quel periodo.

Dato il loro stretto legame, DBMI e CPTI sono stati pubblicati insieme e usano una stessa numerazione (DBMI04-CPTI04, DBMI11-CPTI11), ma in due diversi siti web. CPTI15 è consultabile liberamente all'indirizzo http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15 e attraverso il "web service" dell'Archivio Storico Macrosismico Italiano (ASMI) all'indirizzo https://emidius.mi.ingv.it/ASMI/services/.

CPTI15 è un prodotto scientifico dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) la cui realizzazione ha richiesto anni di lavoro e raccoglie il frutto della ricerca di diversi autori di diversi enti. CPTI15 può essere utilizzato per scopi scientifici, a condizione che la fonte sia sempre citata.

DBMI15 V. 4.0

La versione 4.0 del Database Macrosismico Italiano DBMI15 è stata rilasciata a gennaio 2022 e aggiorna e sostituisce la precedente versione 3.0 (Locati et al., 2021) che venne pubblicata a gennaio 2021. Le variazioni tra la versione 3.0 e la 4.0 sono dettagliate al paragrafo 5 e consistono nell'allungamento della copertura temporale dalla fine del 2019 alla fine del 2020. DBMI v4.0 fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani aggiornato alla finestra temporale 1000-2020. I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

I dati di intensità macrosismica (MDP, Macroseismic Data Point) sono raccolti e organizzati da DBMI per diverse finalità. La principale è fornire una base di dati per la determinazione dei parametri epicentrali dei terremoti (localizzazione e stima della magnitudo) per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI). L'insieme di questi dati consente inoltre di elaborare le "storie sismiche" di migliaia di località italiane (15343 in DBMI15 v4.0), vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità macrosismica, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti.

Dato il loro stretto legame, DBMI e CPTI sono stati pubblicati insieme e usano una stessa numerazione (DBMI04-CPTI04, DBMI11-CPTI11), ma in due diversi siti web. A partire da DBMI15 e CPTI15 (Rovida et al. 2016) si è deciso di rendere disponibile le due banche dati da un unico sito web generato con una versione aggiornata del software MIDOP (Locati e Cassera 2010) al fine di rendere più semplice e funzionale la consultazione.

DBMI15 contiene 123981 dati di intensità relativi a 3229 terremoti. Come si può vedere dalle figure seguenti, l'incremento numerico dei terremoti con dati di intensità e di osservazioni macrosismiche rispetto alle due precedenti versioni DBMI04 (Stucchi et al. 2007) e DBMI11 (Locati et al., 2011) è elevato.

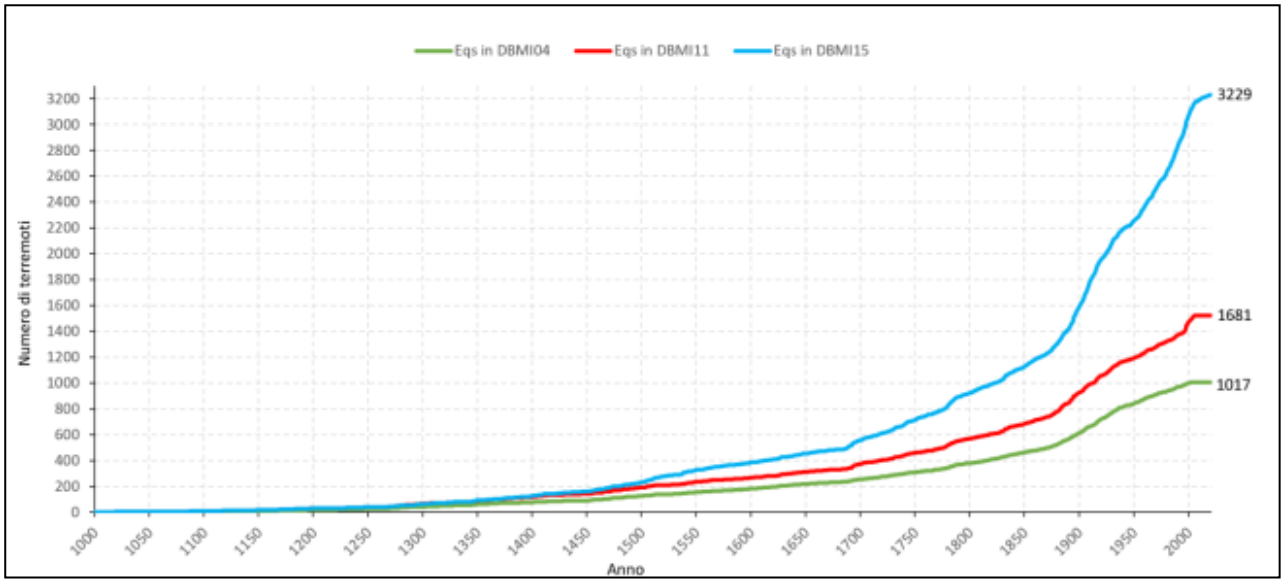


Figura 16: Confronto dell'andamento nel tempo del numero di terremoti: in verde DBMI04, in rosso DBMI11, e in azzurro DBMI15.

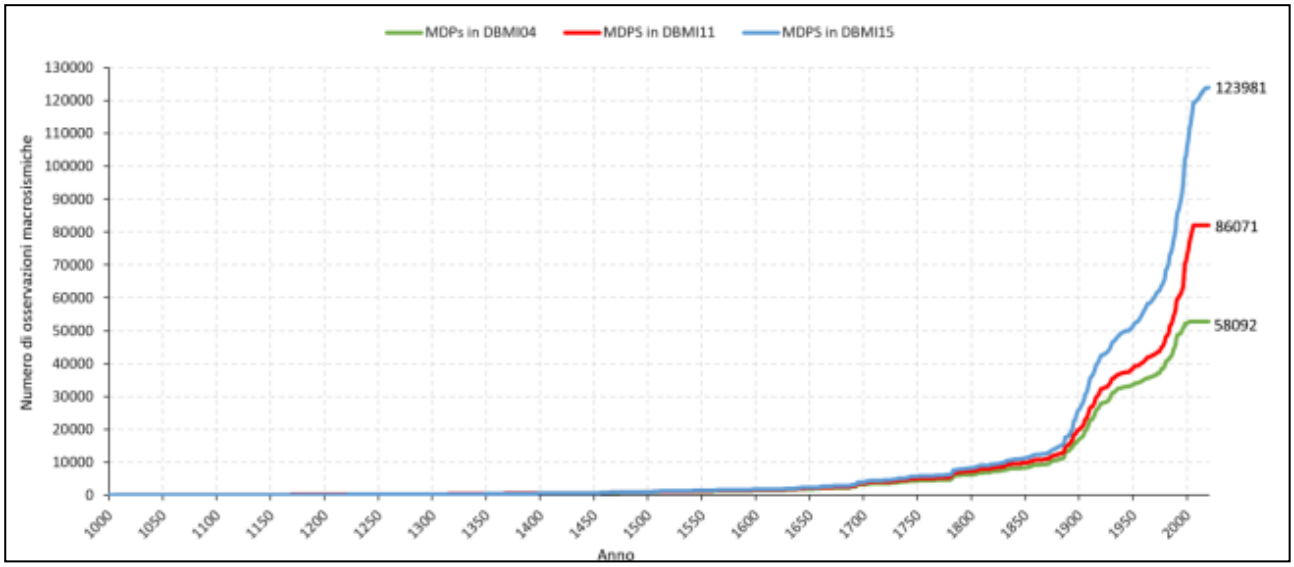


Figura 17: Confronto dell'andamento nel tempo del numero di MDP (Macroseismic Data Point): in verde DBMI04, in rosso DBMI11, e in azzurro DBMI15.

Di seguito viene riporta la mappa del catalogo CPTI15-DMBI15 desunta dal sito: https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_eq/. Si riportano in particolare i dati sismici del Comune di Vignate.

Vignate

PlaceID	IT_14096
Coordinate (lat, lon)	45.495, 9.375
Comune (ISTAT 2015)	Vignate
Provincia	Milano
Regione	Lombardia
Numero di eventi riportati	4

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Cassina de' Pecchi	2	3
Liscate	3	3
Pioltello	4	4
Melzo	5	4
Gorgonzola	11	5
Settala	2	5
Cernusco sul Naviglio	8	5
Bussero	4	5
Bornago	1	6
Segrate	1	6
Pessano con Bornago (Pessano)	2	6
Pantigliate	3	6
Pozzuolo Martesana	3	6
Carugate	2	7
Vimodrone	2	7
Bellinzago Lombardo	2	7
Gessate	3	8
Merlino	2	8
Trecella	1	8
Brugherio	2	8
Peschiera Borromeo (Bettola)	4	9
Paullo	7	9
Tribiano	1	9
Comazzo	2	9
Canobbio	1	9
Cambiago	6	10
Linate	1	10
Inzago	3	10

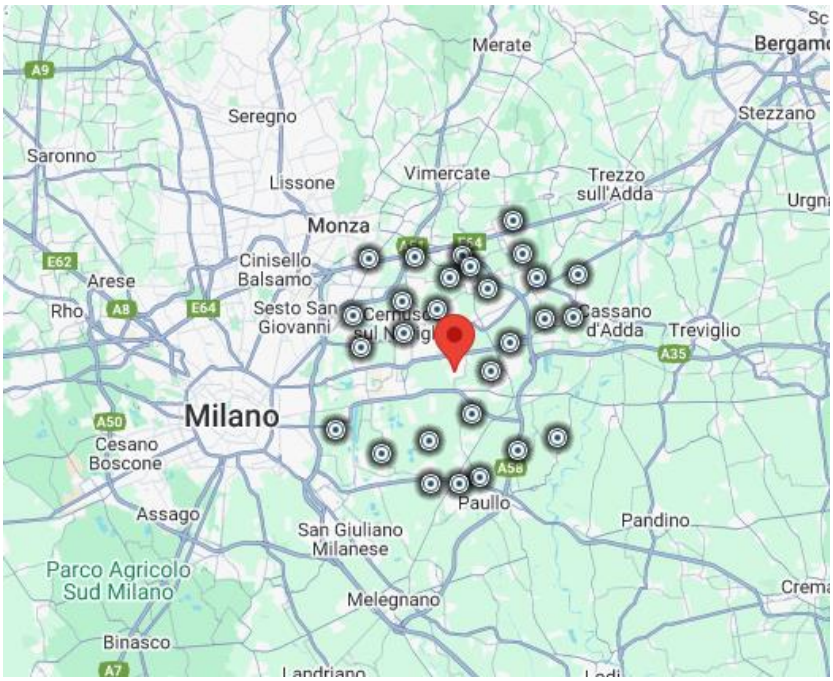


Figura 18: Dati desunti dalla consultazione del CPTI15 e DBMI15 per il comune di Vignate (MI).

8.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA

Per quanto riguarda la determinazione della categoria di sottosuolo il D.M. 17.01.2018 prevede una classificazione in cinque categorie principali riportate nella tabella 3.2.II definite in base ai valori della velocità equivalente $Vs_{,eq}$ corrispondente alla velocità media di propagazione delle onde sismiche di taglio fino alla profondità del substrato sismico, definito come quella formazione caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità di tale substrato superiore a 30m la velocità equivalente $Vs_{,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, considerando le proprietà degli strati di terreno fino alla profondità di 30m.

L'espressione per la determinazione della velocità equivalente $Vs_{,eq}$ è la seguente:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_i^N \frac{h_i}{V_i}}$$

hi = Spessore in metri dello strato i-esimo

Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima

N = Numero di strati

H = Profondità del substrato sismico con Vs>800m/s

Per il sito in esame la categoria di sottosuolo è stata determinata tramite i dati ottenuti dallo stendimento sismico con metodologia M.A.S.W. eseguita in corrispondenza dell'area di indagine.

Dall'elaborazione di tali dati il terreno presenta per la linea eseguita, valori delle V_{s30} pari a **320.06 m/s** riferita all'attuale piano campagna.

Per la classificazione del suolo si è ritenuto più attendibile adottare le risultanze provenienti dalle prove eseguite in sito per cui il terreno è pertanto classificabile in **categoria C** *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 19: Tabella 3.2.II "Categoria di sottosuolo" – D.M. 17.10.2018.

Secondo la più recente revisione delle Norme Tecniche in vigore, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (categorie topografiche da NTC2018):

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15°$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15°$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15° \leq i \leq 30°$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30°$

Figura 20: Tabella 3.2.III "Categoria topografica" – D.M. 17.10.2018

La categoria topografica del sito di intervento risulta T1.

8.3 FREQUENZA CARATTERISTICA DI RISONANZA DEL SITO

Per la verifica della presenza di eventuali orizzonti rifrattori più profondi rispetto alla massima profondità indagata con la sismica attiva oltre che per la determinazione dei valori di frequenza caratteristica del sito e del suolo è stata eseguita una acquisizione puntuale (TR1) in passivo del microtremore sismico ambientale mediante geofono triassiale 3D e per una durata di venti minuti.

Si riportano di seguito i relativi diagrammi H/V elaborati dalla misurazione effettuata sull'area di interesse.

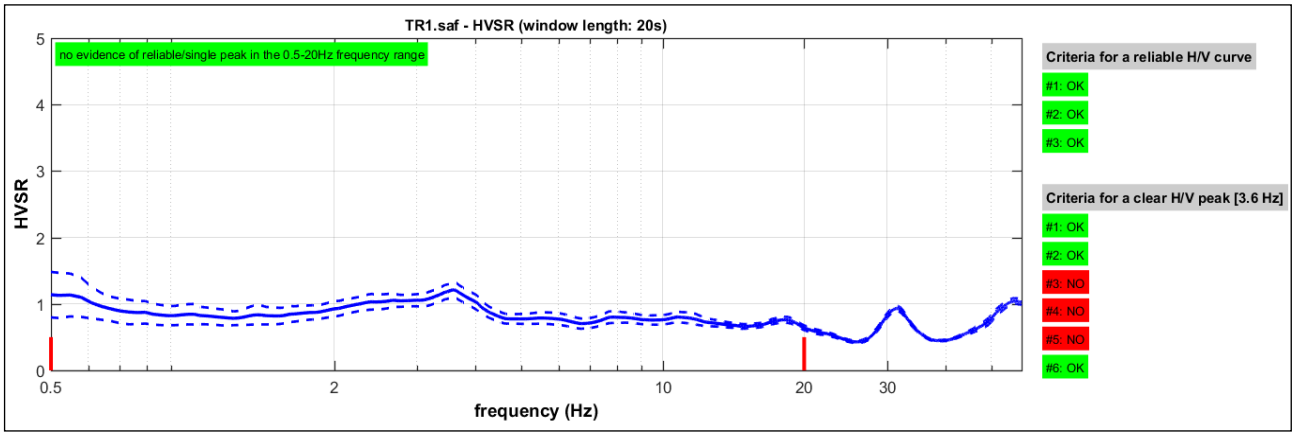


Figura 21: Rapporti spettrali H/V vs Hz rilevazione sismica passiva TR1.

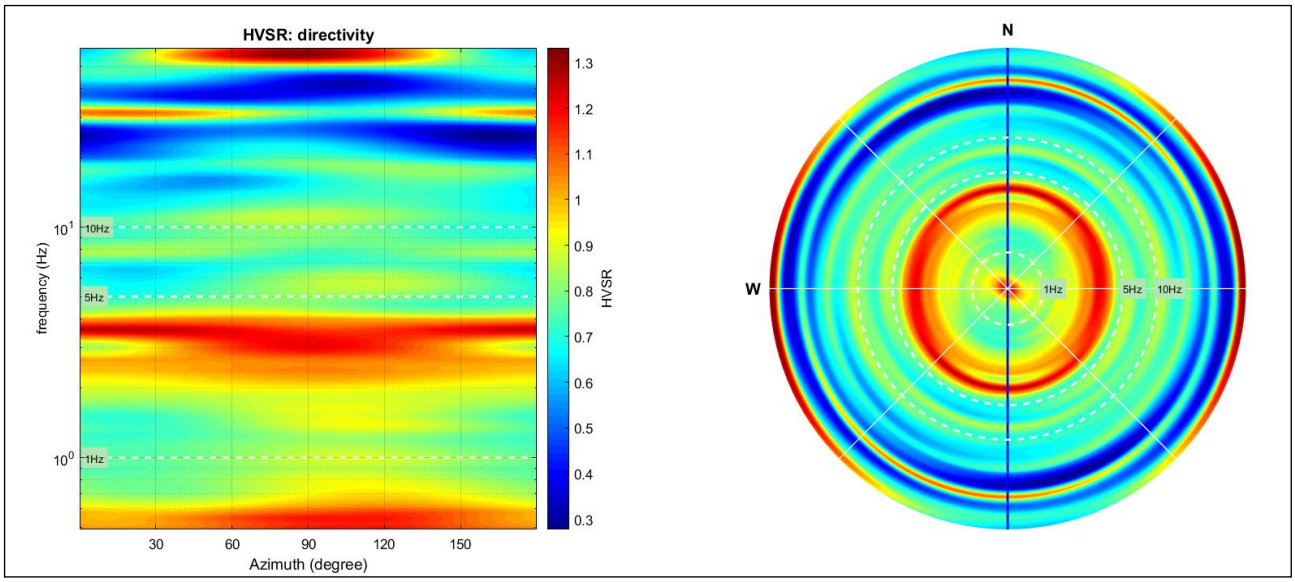


Figura 22: Direzionalità H/V rilevazione sismica passiva TR1.

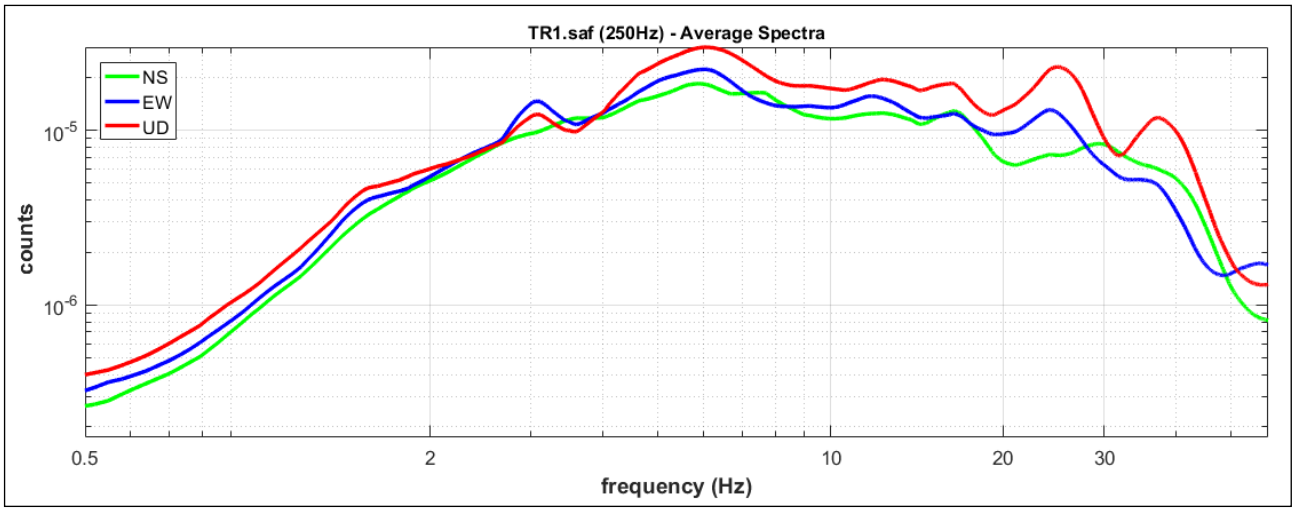


Figura 23: Spettri delle singole componenti rilevazione sismica passiva TR1.

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dalla sua altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula:

$$freq.\ naturale\ edificio \cong 10\ Hz\ /\ numeropiani$$

Si tenga conto che, se si verifica la seguente somiglianza tra risonanza del terreno e della struttura, si creano condizioni di pericolo, perché si dà luogo alla massima amplificazione:

$$freq.\ naturale\ edificio \cong freq.\ naturale\ coperture$$

Dall'elaborazione dei risultati e dall'analisi degli stessi non si osservano importanti contrasti di impedenza che generano picchi accentuati anche se è possibile riconosce un picco principale alla frequenza di 3.60 Hz.

Si evince che tale valore di frequenza caratteristica e il valore di frequenza fondamentale di risonanza delle nuove strutture dovranno essere sufficientemente diversi così da non comportare il verificarsi di fenomeni di doppia risonanza.

8.4 ANALISI DI II LIVELLO

La valutazione degli effetti di amplificazione dovuti alla litologia è avvenuta mediante la procedura semplificata di 2° livello riportata nella D.G.R. 8/7374 del 28 Maggio 2008 e successivamente ripresa dalla D.G.R. IX/2616 del 30 Novembre 2011 di Regione Lombardia.

La sua applicazione richiede la conoscenza della litologia prevalente dei materiali presenti in sito; e dell'andamento delle $V_{S,eq}$ con la profondità (spessore e velocità $V_{S,eq}$ di ciascuno strato); per la loro determinazione sono stati utilizzati i risultati ottenuti dalla esecuzione delle prove penetrometriche realizzate in sito unitamente ai dati relativi ad indagini geognostiche già realizzate ed alle stratigrafie delle indagini eseguite sul territorio comunale oltre che ai risultati emersi dall'esecuzione dell'indagine geofisica M.A.S.W.+H.V.S.R..

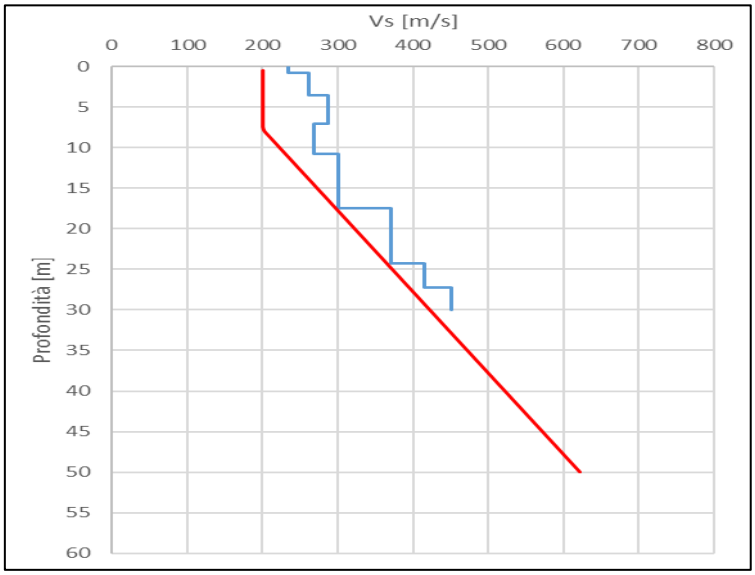
La procedura fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valori di Fattori di Amplificazione (F_a) dal punto di vista degli effetti litologici, al fine di determinare se la normativa nazionale risulta sufficiente o meno nella stima degli effetti di amplificazione sismica locale sulla base del confronto tra gli F_a calcolati e quelli di riferimento indicati dalla Regione Lombardia per ciascun comune; lo studio è condotto con metodi quantitativi semplificati, validi per le amplificazioni litologiche ed è utilizzato per caratterizzare l'area in esame in funzione del fattore F_a. Tale valore di F_a si riferisce quindi agli intervalli di periodo 0.1-0.5s e 0.5-1.5s, in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più rappresentate sul territorio regionale, rispettivamente riferibili a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide (max. 4 piani) ed a strutture alte e flessibili (5 o più piani).

Sulla base dei parametri geotecnici e litologici si individua la litologia prevalente del sito e da questa si sceglie la relativa scheda di riferimento tra quelle riportate nella citata normativa regionale, che può essere utilizzata se l'andamento delle $V_{S,eq}$ ricade nel campo di validità dell'apposito diagramma riportato nella scheda. Successivamente ricavando lo spessore del primo "sismo-strato" con $V_{S,eq}$ pari ad almeno 200 m/s (il cui spessore deve essere di almeno 4 metri) si determina quali curve tra quelle riportate nella scheda per i due diversi intervalli di periodo descritti occorre utilizzare per la valutazione del Fattore di Amplificazione, sulla base del periodo T del sito (calcolato a partire dall'andamento delle $V_{S,eq}$ con la profondità fino agli 800 m/s direttamente misurati o ipotizzati con adeguato gradiente).

STIMA DEGLI EFFETTI LITOLOGICI
ai sensi della D.G.R. IX/2616 - 30.11.2011 di Regione Lombardia

Scheda "LITOLOGIA LIMOSO-SABBIOSA TIPO 2"

L1		
Spess. (m)	Prof. (m)	V_s (m/s)
0.8	0.8	235
2.7	3.5	262
3.6	7.1	288
3.7	10.8	269
6.7	17.5	301
6.8	24.3	371
2.9	27.2	416
2.8	30.0	451

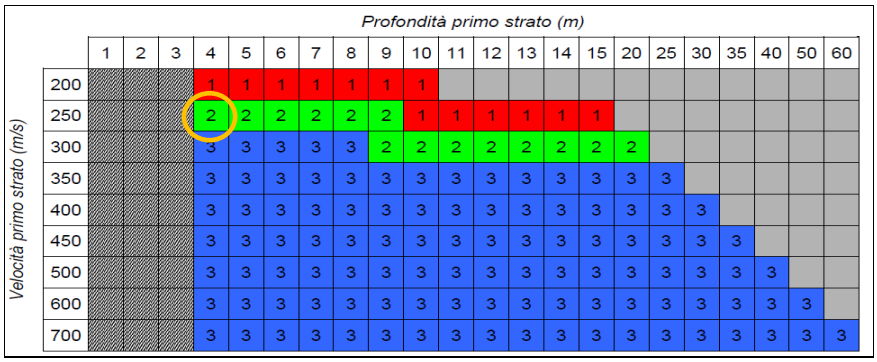


$V_{s,eq}$ (m/s)	Cat. sottosuolo
320.06	C

Periodo T (s)
0.68

Primo strato	
Prof. (m)	4.0
V_s (m/s)	259.90

Curva caratteristica	
n.	2



VERIFICA

Periodo	Valori F_a di sito	Valori F_a di soglia Comune di VIGNATE			
		Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1 < T < 0.5 s	**1.90**	1.40	**1.90**	2.20	2.00
0.5 < T < 1.5 s	**1.55**	1.70	**2.40**	4.20	3.10

La procedura ha permesso di stimare gli F_a con le schede di valutazione sopra riportate e di confrontarli con i corrispettivi valori di soglia, considerando una variabilità di ±0.1, che tiene conto la variabilità dei valori degli F_a ottenuti.

Dalla verifica deriva che, sia nel caso di edifici bassi che caso di edifici alti, il valore di F_a calcolato e riferito alla categoria di suolo C è inferiore al valore di riferimento; pertanto, lo spettro proposto dalla normativa per suoli di tipo C risulta sufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

9 ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Per la valutazione della risposta sismica locale si è proceduto mediante quanto indicato nelle NTC in modo da determinare l'azione sismica da inserire nelle verifiche progettuali.
La definizione dell'azione sismica è stata eseguita attraverso i seguenti passaggi.

9.1 SISMOSTRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO

Si riporta di seguito la stratigrafia sismografica di riferimento partendo dalle velocità delle onde Vs ricavate dalla prova MASW eseguita presso l'area di studio.

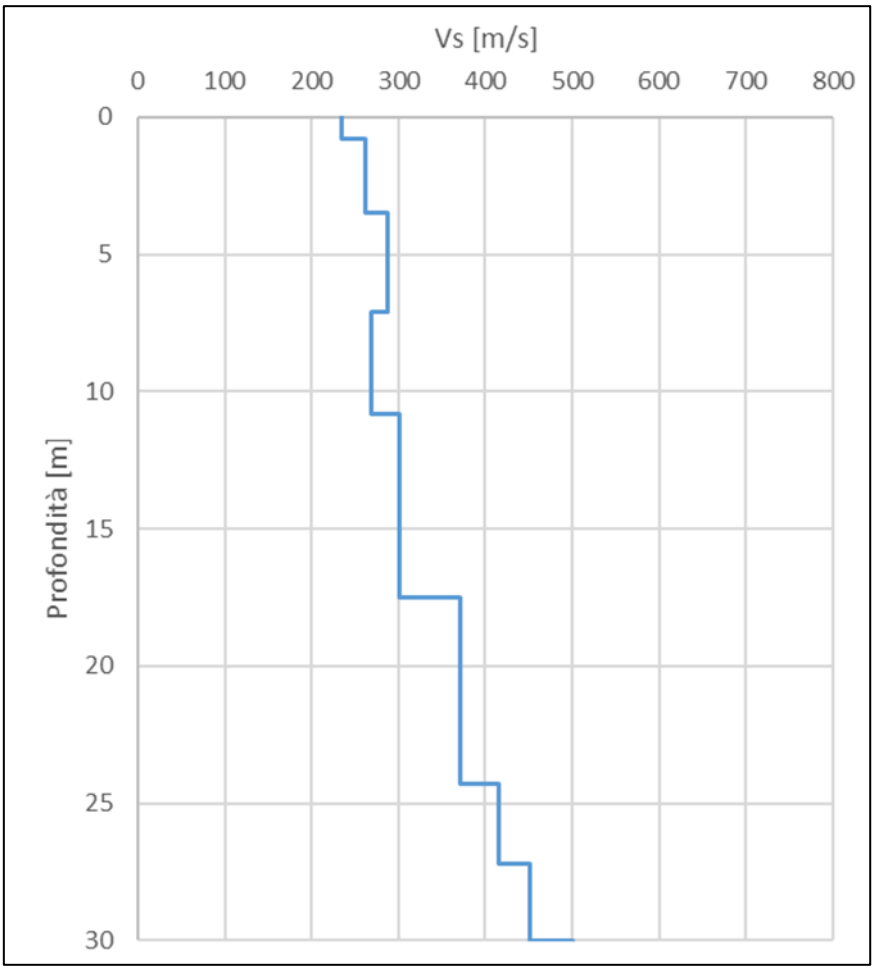


Figura 24: Diagramma delle velocità Vs riferite ai vari strati intercettati nella prova MASW.

In aggiunta, per una riscostruzione stratigrafica spinta a profondità maggiori rispetto a quelle indagate direttamente (mediante i sondaggi a carotaggio continuo realizzati in sito) ed indirittamente (mediante lo stendimento MASW realizzato in sito) e per la valutazione della profondità del bedrock sismico, si è fatto riferimento alla stragrafia profonda di un pozzo acquedottistico sito nelle vicinanze dell'area, del quale si riportano di seguito la stratigrafie e le caratteristiche.

ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)

Dati generali

Codice: 21545
Regione: LOMBARDIA
Provincia: MILANO
Comune: MELZO
Tipologia: PERFORAZIONE
Opera: POZZO IDROPOTABILE (ACQUEDOTTISTICO)
Profondità (m): 280,00
Quota pc slm (m): 121,00
Anno realizzazione: ND
Numero diametri: 2
Presenza acqua: SI
Portata massima (l/s): 19,000
Portata esercizio (l/s): 15,000
Numero falde: 3
Numero filtri: 1
Numero piezometrie: 2
Stratigrafia: SI
Certificazione(*): NO
Numero strati: 24
Longitudine WGS84 (dd): 9,419431
Latitudine WGS84 (dd): 45,506542
Longitudine WGS84 (dms): 9° 25' 09.95" E
Latitudine WGS84 (dms): 45° 30' 23.55" N

(*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia

Ubicazione indicativa dell'area d'indagine

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	143,00	143,00	1000
2	143,00	280,00	137,00	700

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	12,00	27,00	15,00
2	32,00	37,00	5,00
3	54,00	60,00	6,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	54,00	60,00	6,00	323

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	2,50	2,50		TERRENO VEGETALE E DI RIPORTO
2	2,50	7,50	5,00		CIOTTOLI, GHIAIA E SABBIA ARGILLOSA CON BLOCCHI
3	7,50	9,00	1,50		ARGILLA CENERE
4	9,00	12,00	3,00		SABBIA ARGILLOSA ROSSICCIA INGLOBANTE CIOTTOLI
5	12,00	14,00	2,00		GHIAIA E SABBIA CON GHIAIETTO
6	14,00	27,00	13,00		CIOTTOLI E GHIAIA CON BLOCCHI
7	27,00	30,00	3,00		ARGILLA LEGGERMENTE SABBIOSA ROSSICCIA INGLOBANTE GHIAIETTO
8	30,00	32,00	2,00		CONGLOMERATO COMPATTO
9	32,00	37,00	5,00		ARENARIA CON GHIAIA E GHIAIETTO
10	37,00	50,50	13,50		ARGILLA LEGGERMENTE SAABBIOSA ROSSICCIA
11	50,50	53,50	3,00		ARGILLA SABBIOSA GIALLA
12	53,50	57,50	4,00		GHIAIA E SABBIA CON CIOTTOLI
13	57,50	60,50	3,00		CONGLOMERATO FESSURATO
14	60,50	77,00	16,50		ARGILLA LIMOSA GIALLA
15	77,00	84,00	7,00		SABBIA FINE GIALLA
16	84,00	169,00	85,00		ARGILLA AZZURRA LEGGERMENTE LIMOSA
17	169,00	177,00	8,00		ARGILLA NERA LEGGERMENTE LIMOSA E TORBA
18	177,00	181,00	4,00		ARGILLA LIMOSA CENERE CON FOSSILI
19	181,00	186,00	5,00		ARGILLA SCURA CON TORBA
20	186,00	188,00	2,00		GHIAIA E SABBIA CON QUALCHE CIOTTOLO
21	188,00	222,50	34,50		ARGILLA LIMOSA CENERE LEGGERMENTE SABBIOSA
22	222,50	223,00	0,50		ARENARIA
23	223,00	256,00	33,00		ARGILLA CENERE
24	256,00	280,00	24,00		ARGILLA AZZURRA

ISPRA - Copyright 2018

Figura 25: Dati pozzo acquedottistico utilizzato per determinazione stratigrafia profonda.

Di seguito si riporta la stratigrafia sismografica di riferimento ricostruita sulla base di tutti i dati precedentemente riporati.

L'andamento delle velocità delle onde dalla profondità di 30m fino al bedrock sismico è stato ricostruito secondo quanto indicato nella *Deliberazione di Giunta regionale 30 novembre 2011 – n. IX/2616 "Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12', approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n.8/7374", pubblicata sul BURL n. 50 Serie ordinaria del 15 dicembre 2012*.

Nel *capitolo 2.2.2 – Effetti litologici*, viene riportato quanto segue:

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- *litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;*
- *stratigrafia del sito;*
- *andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s; la conoscenza degli spessori e delle Vs può essere ottenuta utilizzando qualsiasi metodo di indagine diretto ed indiretto, in grado di fornire un modello geologico e geofisico del sottosuolo attendibile in relazione alla situazione geologica del sito e il più dettagliato possibile nella parte più superficiale per una corretta individuazione dello strato superficiale; in mancanza del raggiungimento del bedrock (Vs ≥ 800 m/s) con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s;*
- *spessore e velocità di ciascun strato;*
- *sezioni geologiche, conseguente modello geofisico - geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi*.

Strato	Profondità [m]	Litologia	Velocità delle onde Vs [m/s]
1	0,0-0,8	Sabbie ghiaiose poligeniche con rari ciottoli	235
2	0,8-2,0	Sabbie ghiaiose poligeniche con rari ciottoli	262
3	2,0-5,0	Sabbie e ghiaie compatte	288
4	5,0-7,0	Sabbie poco addensate debolmente ghiaiose	288
5	7,0-10,8	Sabbie e ghiaie compatte	269
6	10,8-17,5	Ghiaia e sabbia	301
7	17,5-24,3	Sabbia con ciottoli e ghiaia con blocchi	371
8	24,3-27,2	Ghiaia compatte e sabbie	416
9	27,2-30,0	Sabbia e ghiaie	451
10	30,0-37,0	Conglomerato compatto e arenaria con ghiaia	520
11	37,0-53,50	Argilla leggermente sabbiosa rossiccia	530
12	53,50-60,50	Ghiaia e sabbia con ciottoli e conglomerato fessurato	610
13	60,50-77,0	Argilla limosa gialla	685
14	77,0-84,0	Sabbia fine gialla	705
15	84,0-186,0	Argilla azzurra leggermente limosa e torba	730
16	186,0-188,0	Ghiaia e sabbia con qualche ciottolo	785
17	>188,0	Bedrock (Argilla limosa cenere leggermente sabbiosa)	800

Tabella 1: Stratigrafia sismografica di riferimento.

9.2 ACCELERAZIONE DI BASE A(G)

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente Se(T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 valore massimo di fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per il calcolo dei parametri sopra citati sono stati considerati i seguenti parametri:

- ***Classe II:*** costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. C_U = 1.0;
- **Vita nominale dell'opera V_N**: intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata (da questo valore viene calcolato il Periodo di riferimento per l'azione sismica VR come:

  $$V_R=V_N*C_U$$

  dove C_U è il coefficiente d'uso);
- **Probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR:** in funzione dello stato limite di riferimento.

Nel caso dell'opera in oggetto sono considerati i seguenti valori:

- **Vita nominale V_N**: ≥50 anni: costruzioni con livelli di prestazioni odinari.
- **Coefficiente d'uso C_U**: 1.0 relativo alla classe d'uso II.
- **Periodo di riferimento per l'azione sismica:** VR=VN*CU= 50*1.0=50 anni.

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.023	2.535	0.181
SLD	50	0.029	2.526	0.204
SLV	475	0.064	2.604	0.284
SLC	975	0.081	2.617	0.294

Tabella 2: Riassunto delle accelerazioni del sito ai diversi stati limite.

9.3 DATI DI DISAGGREGAZIONE

Per l'estrazione degli accelerogrammi di input bisogna conoscere, oltre ai valori di ag, i dati di disaggregazione, ovvero le coppie di intervallo magnitudo - distanza che concorrono a determinare la pericolosità sismica di sito. I dati di disaggregazione sono stati ricavati dal sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e sono riportati nelle figure seguenti.

In particolare, per lo **stato limite SLO** è selezionata una probabilità del **81% in 50anni**, per lo **stato limite SLD** è stata selezionata una **probabilità del 63%,** per lo **stato limite SLV** è stata selezionata **una probabilità del 10% in 50 anni** e per lo **stato limite SLC** è stata selezionata una **probabilità del 5% in 50anni.**

Stato limite SLO

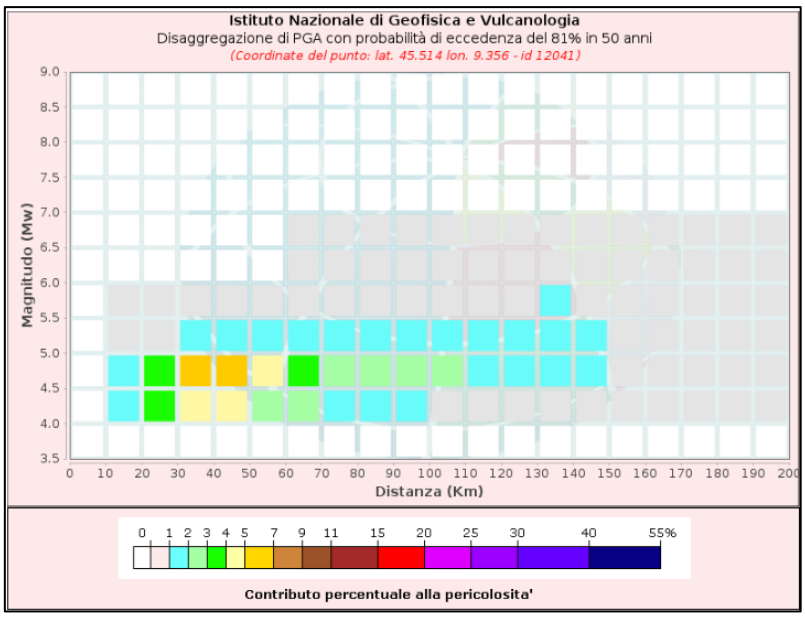

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 81% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 45.514 lon. 9.356 - id 12041)
Magnitudo (Mw)
Distanza (Km)
Contributo percentuale alla pericolosita'

Figura 26: Disaggregazione SLO.

Stato limite SLD

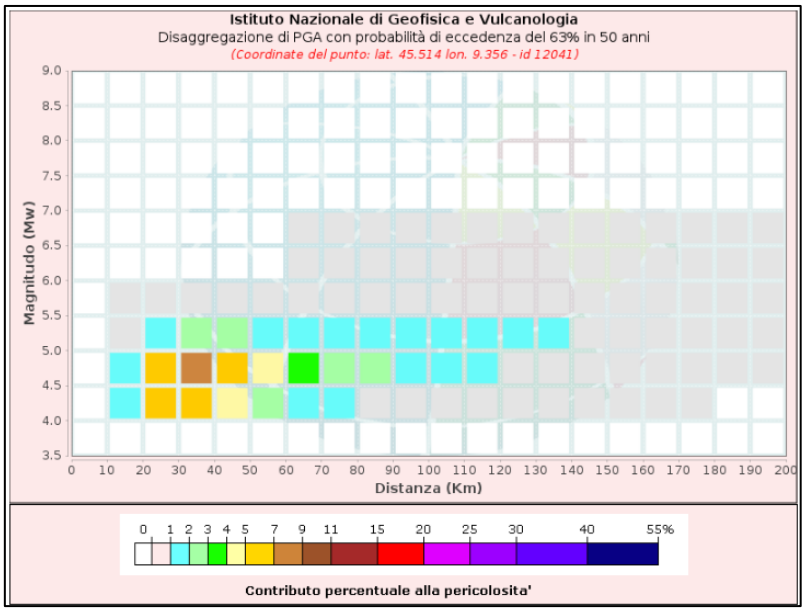

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 45.514 lon. 9.356 - id 12041)
Magnitudo (Mw)
Distanza (Km)
Contributo percentuale alla pericolosita'

Figura 27: Disaggregazione SLD.

Stato limite SLV

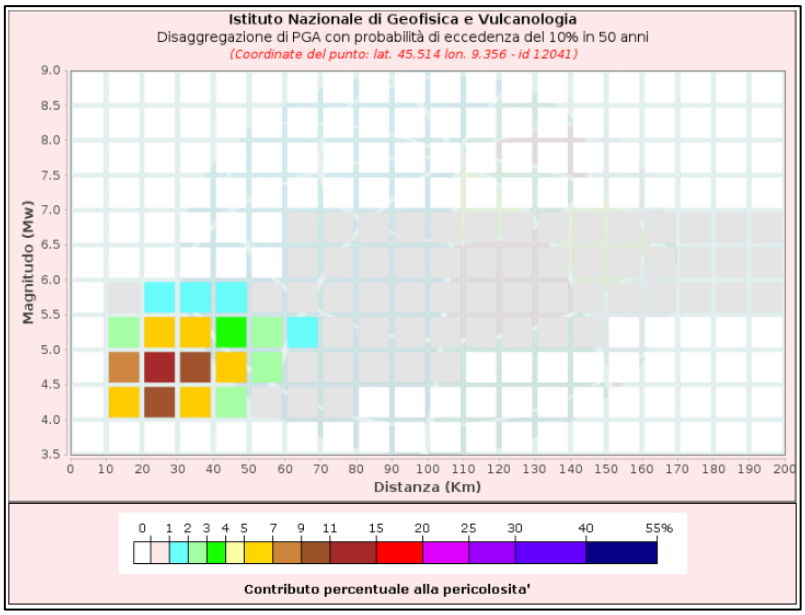

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 45.514 lon. 9.356 - id 12041)
Magnitudo (Mw)
Distanza (Km)
Contributo percentuale alla pericolosita'

Figura 28: Disaggregazione SLV.

Stato limite SLC

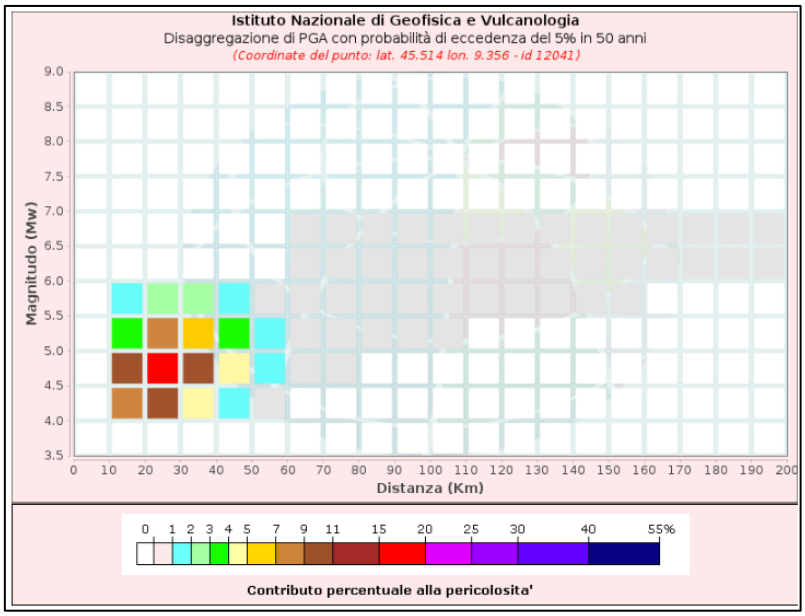

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 45.514 lon. 9.356 - id 12041)
Magnitudo (Mw)
Distanza (Km)
Contributo percentuale alla pericolosita'

Figura 29: Disaggregazione SLC.

9.4 ESTRAZIONE ACCELEROGRAMMI DI INPUT

Partendo dai dati di accelerazione di base e disaggregazione ricavati precedentemente, è stato possibile avviare l''estrazione degli accelerogrammi di input naturali.

A tale scopo è stato utilizzato il software di riferimento Rexel V 3.5, messo a punto dalla ReLUIS di Napoli.

Il software permette l'estrazione di accelerogrammi di input naturali per applicazioni ingegneristiche da più banche dati, tra le quali la banca dati europea ESD (Amvreaseys et al., 2004), la banca dati italiana ITACA (Working Group ITACA, 2010) e la banca dati Simbad (Smerzini e Paolucci, 2011).

Inseriti i dati di partenza raccolti precedentemente (accelerazione di base e disaggregazione) è stato possibile quindi ricavare 7 accelerogrammi naturali, che sono poi stati utilizzati per l'esecuzione dell'analisi della Risposta Sismica Locale.

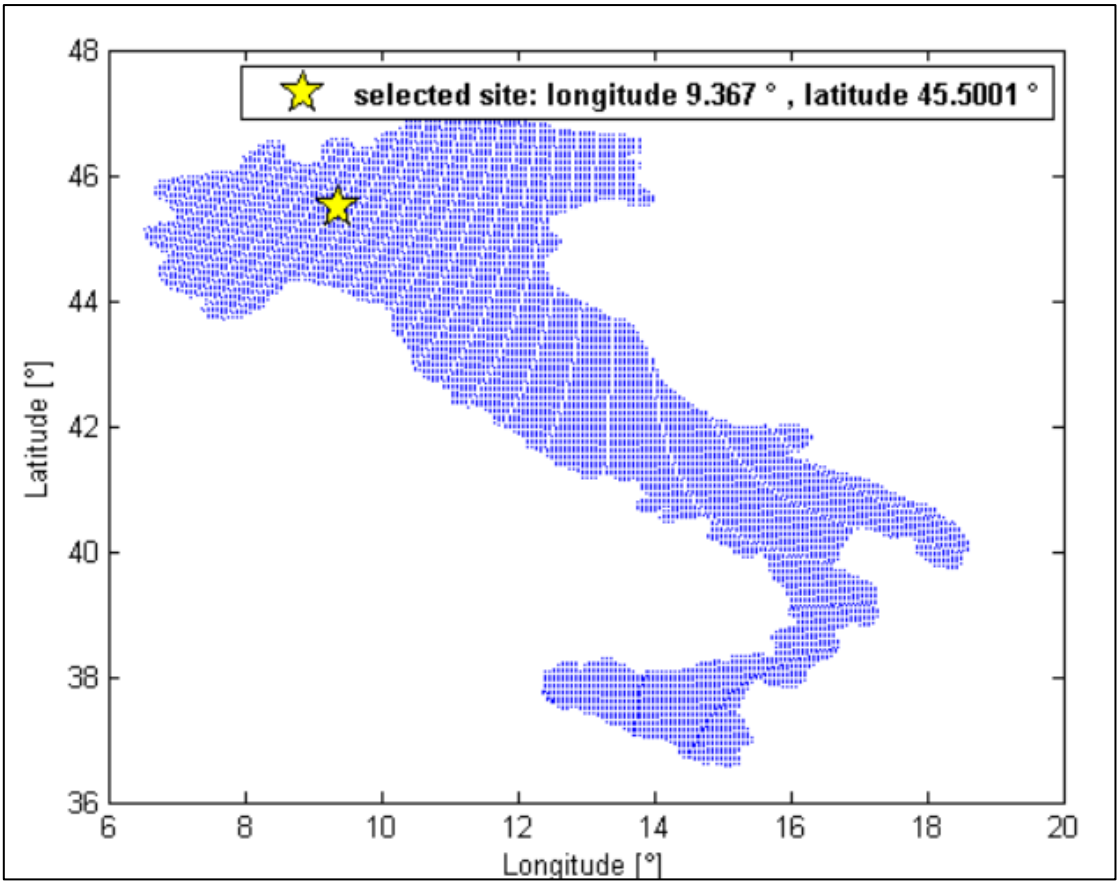


Figura 30: Ubicazione dell'area di studio.

Stato limite SLO

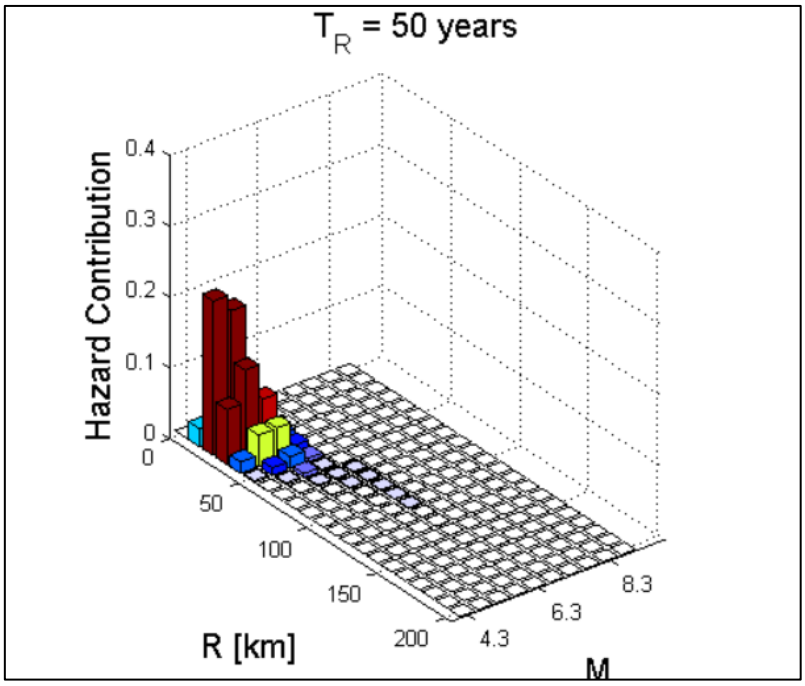


Figura 31: Raggio – Magnitudo –Area di analisi allo SLO.

Stato limite SLD

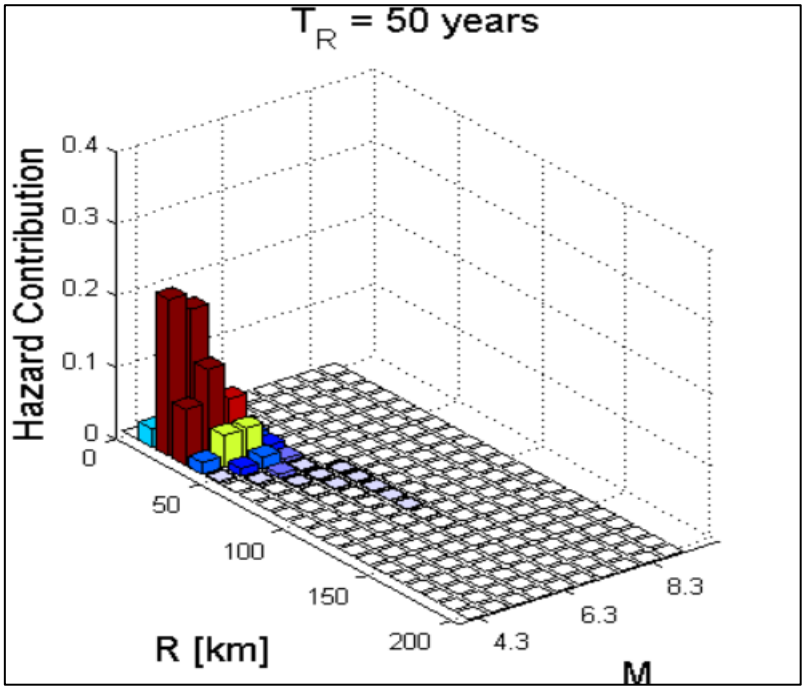


Figura 32: Raggio – Magnitudo – Area di analisi allo SLD.

Stato limite SLV

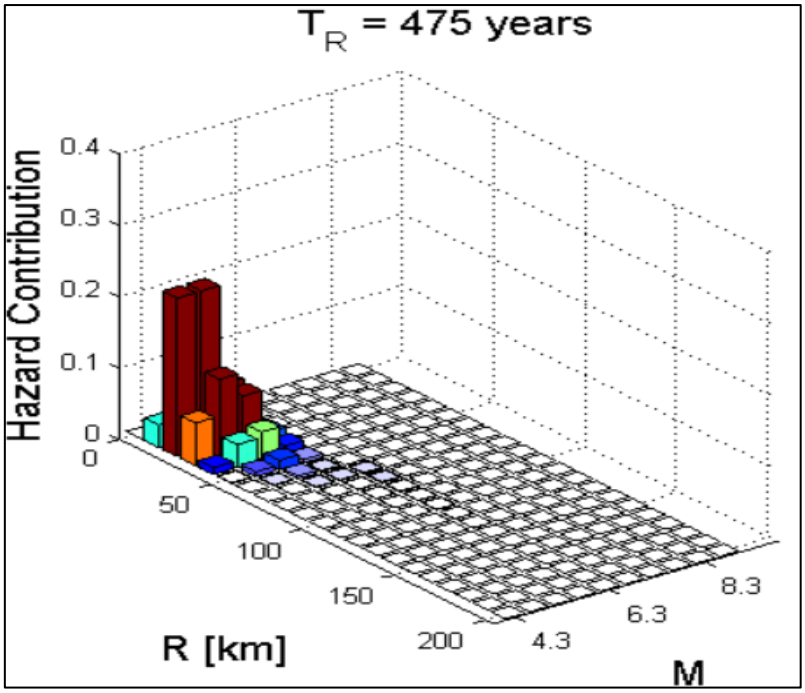


Figura 33: Raggio – Magnitudo – Area di analisi allo SLV.

Stato limite SLC

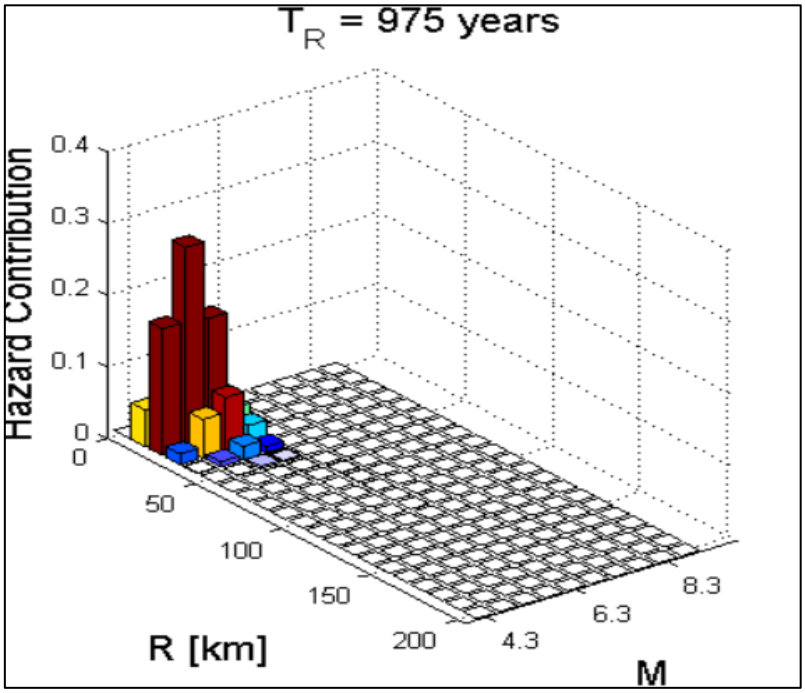


Figura 34: Raggio – Magnitudo – Area di analisi allo SLC.

La valutazione della risposta sismica locale è stata valutata utilizzando il programma RSLIII (Geostru). Partendo dagli accelerogrammi ricavati da Rexel V 3.5, sono stati valutati gli accelerogrammi di progetto.
Si riporta di seguito la procedura utilizzata, rimandano ai capitoli seguenti la valutazione dei risultati.

9.5 PROCEDURA DI CALCOLO

La procedura di calcolo adoperata dal software RSL per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

- Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
- Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
  - Stima della funzione di trasferimento;
  - Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
  - Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;

  Le prime 3 operazioni sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;
- Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile "trasferire" l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M-1}{10}$$

dove *M* rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da N strati orizzontali di cui l'N-esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi che ciascuno strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt $\left[\tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z,t)}{\partial z \partial t}\right]$, la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove: u rappresenta lo spostamento; t il tempo; ρ la densità; G il modulo di deformazione al taglio; η la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z,t) = U(z)^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega t)\frac{d^2U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (3)$$

dove ω rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto $G^* = G + i\omega\eta$, ovvero il modulo di deformazione al taglio *complesso*. Questo può essere ulteriormente riscritto come

$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega}\xi \quad (6)$$

dove ξ rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice * indica la natura complessa delle variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z,t) = Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

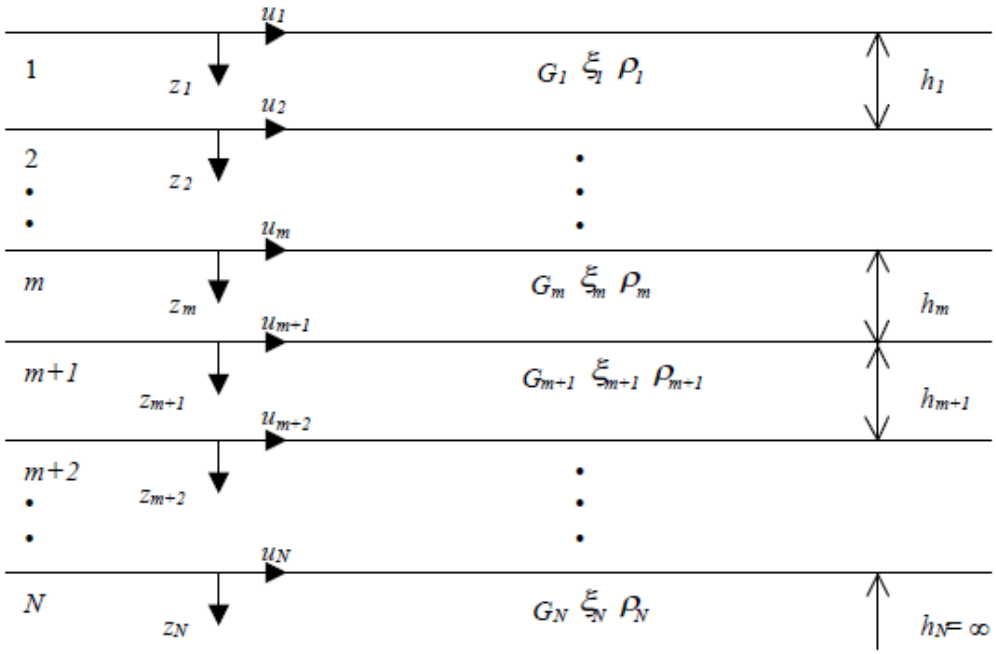


Figura 35: Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre k^* rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega\sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \tag{8}$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z,t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* \left[Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)}\right] e^{i\omega t} \tag{9}$$

Per il generico strato *m* di spessore h_m gli spostamenti, rispettivamente in sommità (z = 0) ed al fondo (z = h_m), sono:

$$u_m(0,t) = (E_m + F_m)e^{i\omega t} \tag{10}$$

$$u_m(h_m,t) = \left(E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m}\right) e^{i\omega t} \tag{11}$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z=h_m,t)=u_{m+1}(z=0,t) \tag{12}$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1}+F_{m+1}=E_m e^{ik_m^* h_m}+F_m e^{-ik_m^* h_m} \tag{13}$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell'*m*-esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0,t)=ik_m^* G_m^*\left[E_m-F_m\right]e^{i\omega t} \tag{14}$$

$$\tau_m(h_m,t)=ik_m^* G_m^*\left[E_m e^{ik_m^* h_m}-Fe^{ik^* h_m}\right]e^{i\omega t} \tag{15}$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z=h_m,t)=\tau_{m+1}(z=0,t) \tag{16}$$

ovvero

$$E_{m+1}-F_{m+1}=\frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*}\left(E_m e^{ik_m^* h_m}-F_m e^{-ik_m^* h_m}\right) \tag{17}$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

$$E_{m+1}=\frac{1}{2}E_m\left(1+\alpha_m^*\right)e^{ik_m^* h_m}+\frac{1}{2}F_m\left(1-\alpha_m^*\right)e^{-ik_m^* h_m} \tag{18}$$

$$F_{m+1}=\frac{1}{2}E_m\left(1-\alpha_m^*\right)e^{ik_m^* h_m}+\frac{1}{2}F_m\left(1+\alpha_m^*\right)e^{-ik_m^* h_m} \tag{19}$$

dove α_m^* rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati *m* ed *m+1*, ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^*=\frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} \tag{20}$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

$$\tau_1(0,t)=ik_1^* G_1^*\left[E_1-F1\right]e^{i\omega t}=0$$

si deduce che $E_1 = F_1$.

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 al strato m. La funzione di trasferimento A_{mn} che lega gli spostamenti in sommità degli strati *m* ed *n* è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn}=\frac{u_m}{u_n}=\frac{E_m+F_m}{E_n+F_n} \tag{21}$$

A_{mn} rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti *m* e *n*. In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\dot{u}(z,t)=\frac{\partial u}{\partial t}=i\omega u(z,t) \qquad \ddot{u}(z,t)=\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}=-\omega^2 u(z,t) \qquad (22)$$

La funzione di trasferimento A_{mn} può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati *n* ed *m*:

$$A_{mn}(\omega)=\frac{u_m}{u_n}=\frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n}=\frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n}=\frac{E_m+F_m}{E_n+F_n} \qquad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità *z* e al tempo *t* dalla relazione:

$$\gamma(z,t)=\frac{\partial u}{\partial z}=ik^*\left(Ee^{ik^+z}-Fe^{-ik^+z}\right)e^{i\omega t} \qquad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z,t)=G^*\gamma(z,t) \qquad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica della figura seguente in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

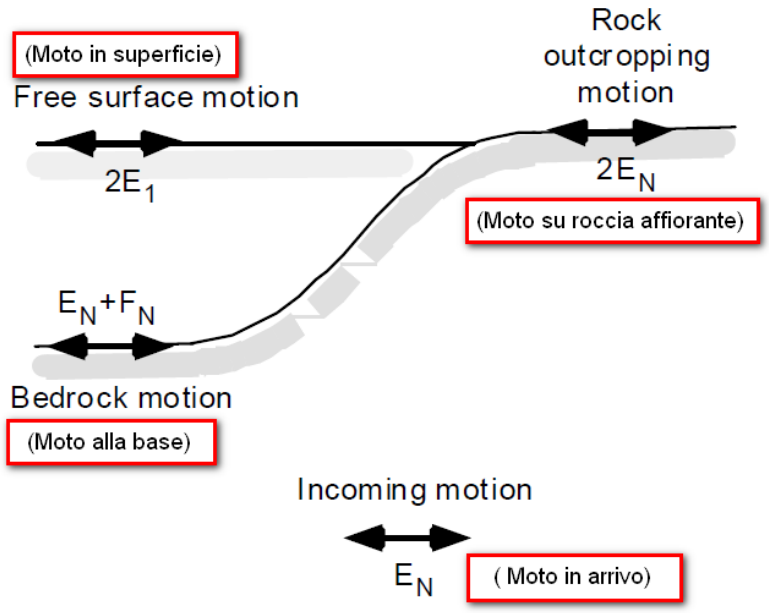


Figura 36: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad E_N; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a E_N+F_N. Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ($E_N = F_N$), il moto avrà ampiezza pari a $2E_N$. La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{NN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \tag{26}$$

A è non lineare poiché *G* è funzione di *γ*. Nella procedura di calcolo, infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di *γ*. Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo *G* così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per *G(γ)* adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI)(\sigma'_m)^{m(\gamma,PI)-m_0} \tag{24}$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5\left\{1 + tanh\left[ln\left(\frac{0.000102+n(PI)}{\gamma}\right)^{0.492}\right]\right\} \tag{25}$$

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272\left\{1 - tanh\left[ln\left(\frac{0.000556}{\gamma}\right)^{0.4}\right]\right\}exp(-0.0145PI^{1.3}) \tag{26}$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & per\ \ PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & per\ \ 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & per\ \ 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & per\ \ PI > 70 \end{cases} \tag{27}$$

dove G_{max} è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \tag{28}$$

dove ρ è la densità del terreno e V_s la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di G per la prima iterazione.

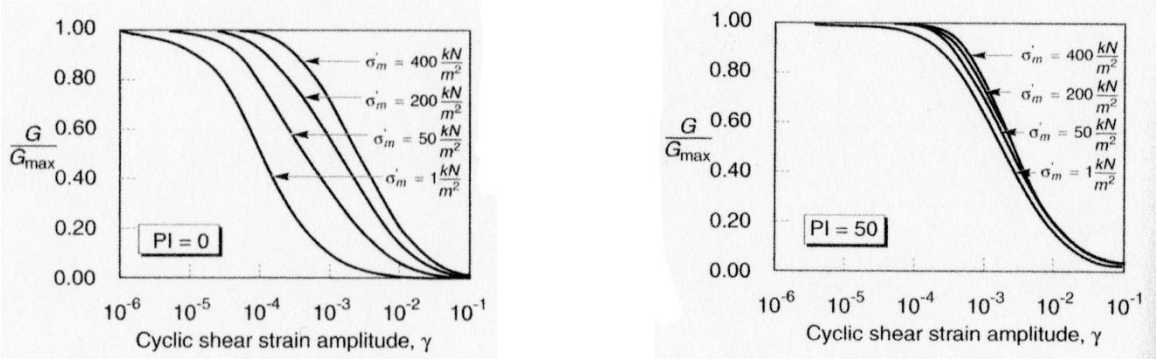


Figura 37: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso ξ, in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1+exp\left(-0.0145\, PI^{1.3}\right)}{2}\left[0.586\left(\frac{G}{G_{max}}\right)^2 - 1.547\frac{G}{G_{max}} + 1\right] \qquad (29)$$

da cui si deduce che anche ξ deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

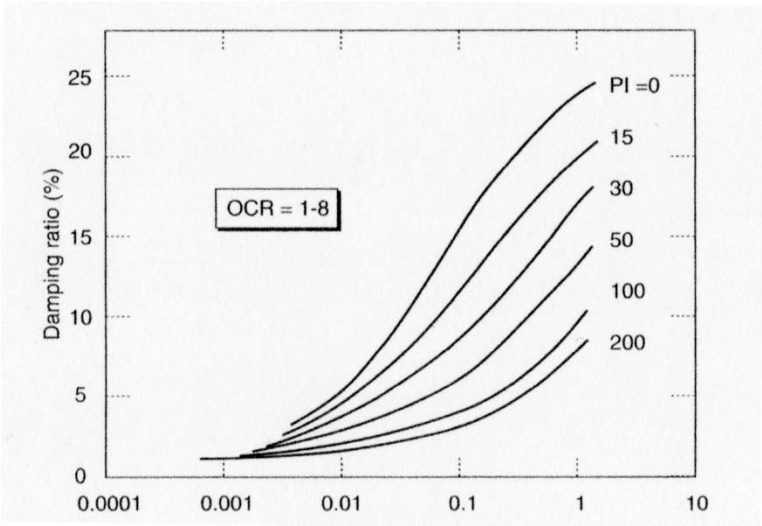


Figura 38: Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

9.6 VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

La risposta sismica locale è stata valutata considerando la configurazione attuale del sito.

Le indagini geofisiche sono effettuate in corrispondenza del sito individuato come idoneo per il sito e quindi ritenute attendibili.

La sismostratigrafia di riferimento per l'analisi della risposta sismica locale tiene conto del terreno di fondazione naturale:

- Spessore degli strati;
- Tipo di materiale, selezionato da quelli presenti in archivio del programma che fanno riferimento a materiali di bibliografia;
- Peso per unità di volume;
- Velocità delle onde medie di taglio Vs.

Partendo da questi parametri, il software ricostruisce la profondità media di ogni strato, la Gmax all'interno dello strato e la tensione verticale.

Per l'assegnazione del tipo di materiale di ogni strato si è fatto riferimento alle indagini geognostiche.

È stato considerato la stratigrafia di riferimento descritta in questa specifica relazione per valutare la risposta sismica locale

Il tipo di materiale per la determinazione delle leggi di variazione del rapporto G/Gmax e del coefficiente di smorzamento in funzione della deformazione a taglio scelto per gli strati del terreno.

9.7 RISULTATI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

9.7.1 DATI GENERALI

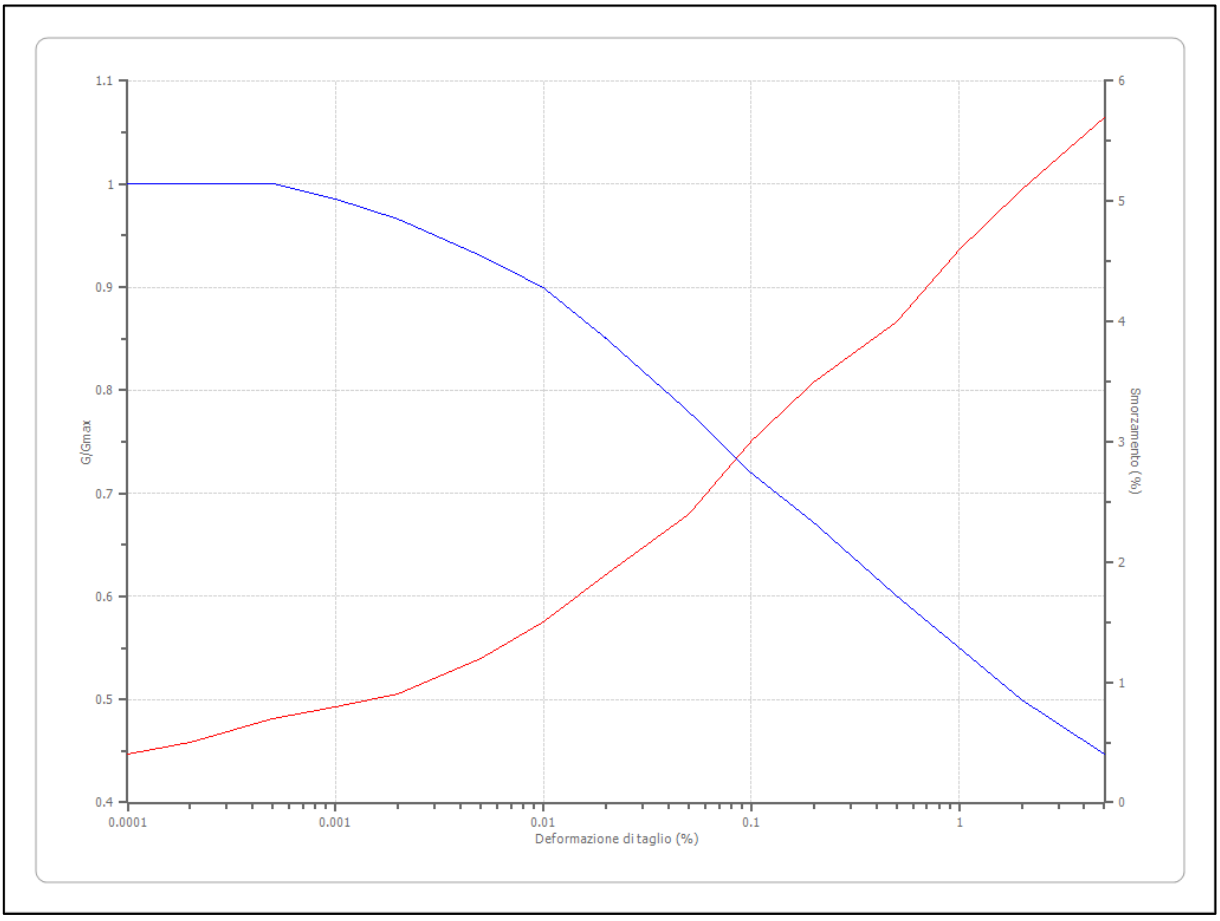
Latitudine	45.500091[°]
Longitudine	9.366981[°]

- **<u>Stratigrafia</u>**

Le diversi litologie presenti nell'area oggetto di studio sono assimilate nel software ai dati seguenti:

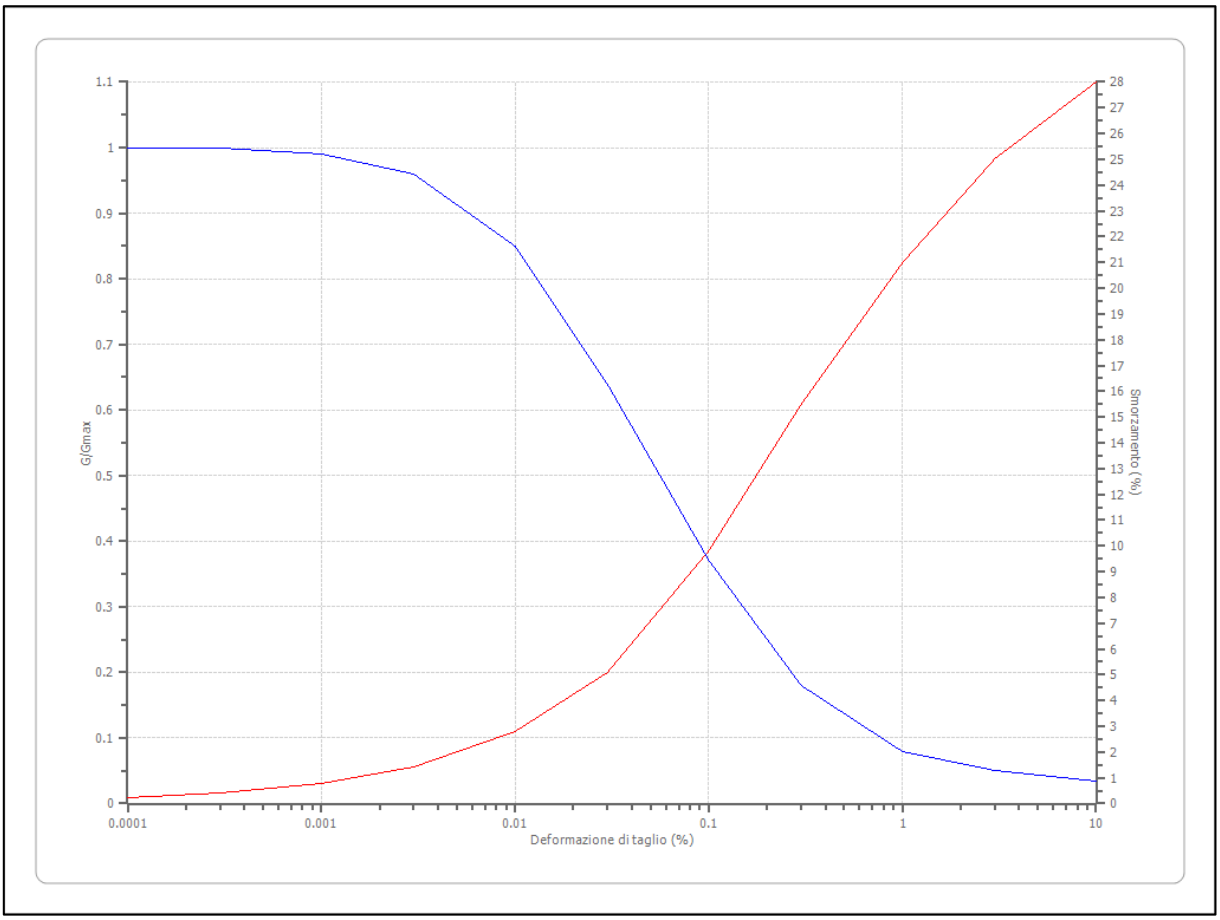
Idriss (1990) Rock

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.400
0.0002	1.000	0.0002	0.500
0.0005	1.000	0.0005	0.700
0.001	0.986	0.001	0.800
0.002	0.966	0.002	0.900
0.005	0.931	0.005	1.200
0.010	0.900	0.010	1.500
0.020	0.850	0.020	1.900
0.050	0.779	0.050	2.400
0.100	0.720	0.100	3.000
0.200	0.671	0.200	3.500
0.500	0.600	0.500	4.000
1.000	0.550	1.000	4.600
2.000	0.500	2.000	5.100
5.000	0.447	5.000	5.700



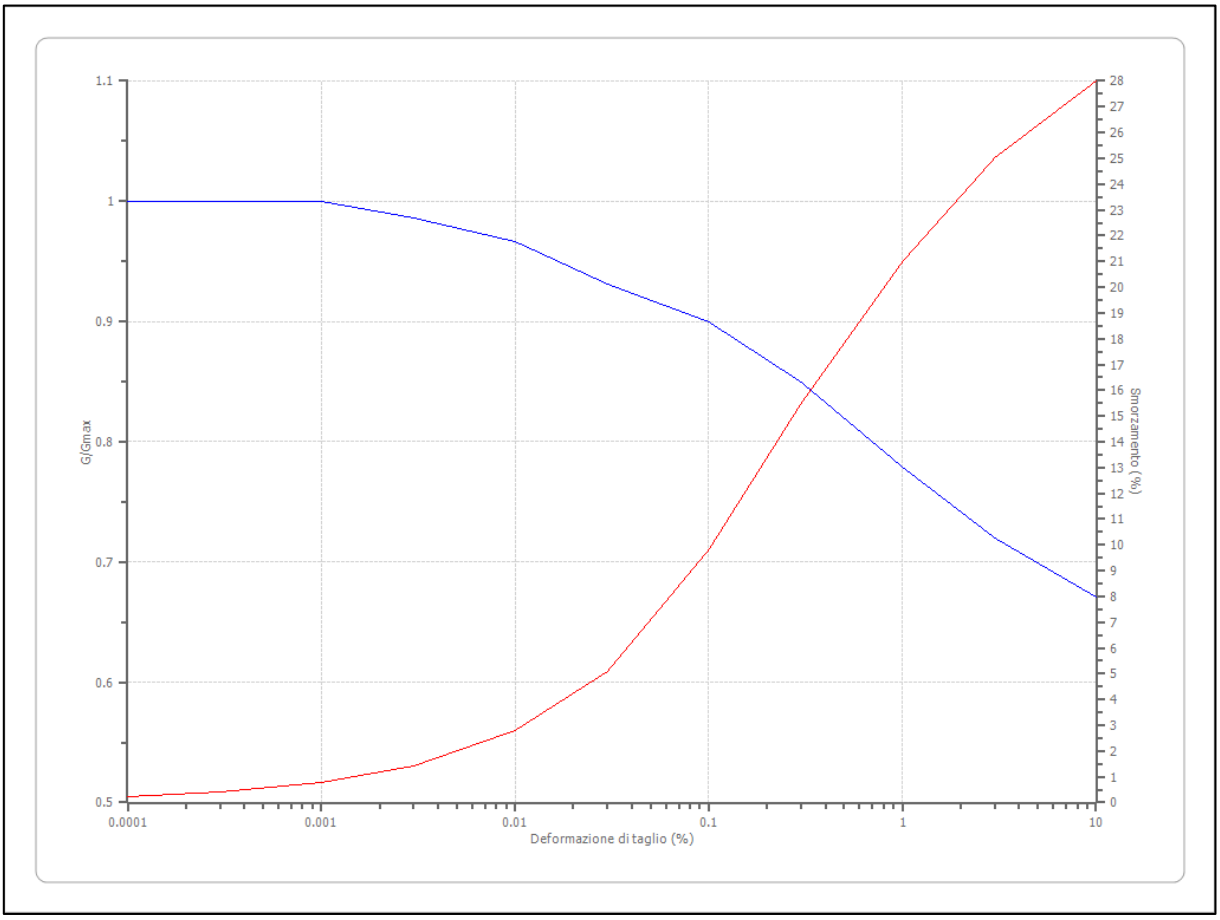
Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	0.990	0.001	0.800
0.003	0.960	0.003	1.400
0.010	0.850	0.010	2.800
0.030	0.640	0.030	5.100
0.100	0.370	0.100	9.800
0.300	0.180	0.300	15.500
1.000	0.080	1.000	21.000
3.000	0.050	3.000	25.000
10.000	0.035	10.000	28.000



Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	1.000	0.001	0.800
0.003	0.986	0.003	1.400
0.010	0.966	0.010	2.800
0.030	0.931	0.030	5.100
0.100	0.900	0.100	9.800
0.300	0.850	0.300	15.500
1.000	0.779	1.000	21.000
3.000	0.720	3.000	25.000
10.000	0.671	10.000	28.000

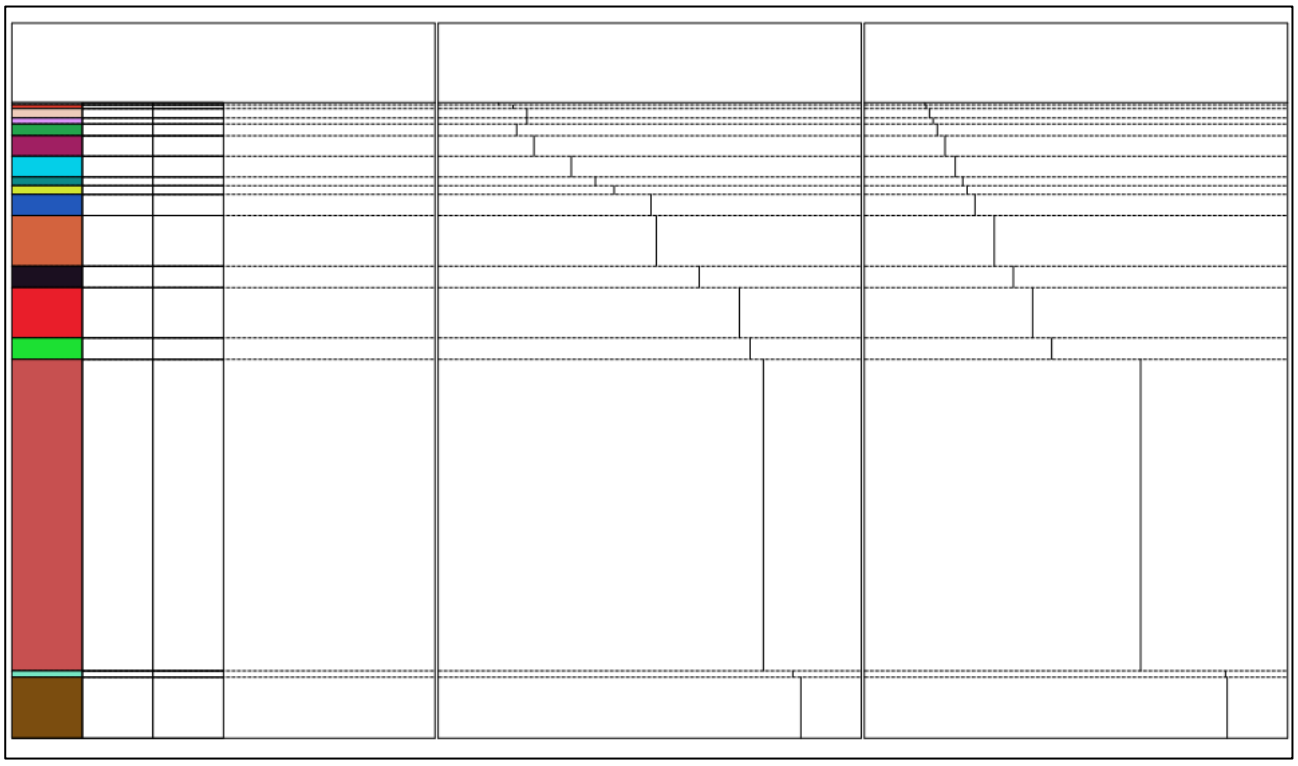


Stratigrafia

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	Sabbie ghiaiose poligeniche con rari ciottoli	--	0.8	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	101.33	--	18.0	235.0	7.2
2	Sabbie ghiaiose poligeniche con rari ciottoli	0.8	1.2	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	125.95	--	18.0	262.0	25.2
3	Sabbie e ghiaie compatte	2.0	3.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	152.19	--	18.0	288.0	63.0
4	Sabbie poco addensate debolmente ghiaiose	5.0	2.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	152.19	--	18.0	288.0	108.0
5	Sabbie e ghiaie compatte	7.0	3.8	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	132.77	--	18.0	269.0	160.2
6	Ghiaie e sabbia	10.8	6.7	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	166.24	--	18.0	301.0	254.7
7	Sabbia con ciottoli e ghiaia con blocchi	17.5	6.8	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	266.58	--	19.0	371.0	379.6
8	Ghiaie compatte e sabbie	24.3	2.9	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	335.17	--	19.0	416.0	471.8
9	Sabbie e ghiaie	27.2	2.8	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	393.95	--	19.0	451.0	525.9
10	Conglomerato compatto e arenaria con ghiaia	30.0	7.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	551.27	--	20.0	520.0	622.5
11	Argilla leggermente sabbiosa rossiccia	37.0	16.5	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	572.68	--	20.0	530.0	857.5
12	Ghiaia e sabbia con ciottoli e conglomerato fessurato	53.5	7.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	758.61	--	20.0	610.0	1092.5
13	Argilla limosa gialla	60.5	16.5	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	956.63	--	20.0	685.0	1327.5

14	Sabbia fine gialla	77.0	7.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	1013.30	--	20.0	705.0	1562.5
15	Argilla azzura leggermente limosa e torba	84.0	102.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	1086.44	--	20.0	730.0	2652.5
16	Ghiaia e sabbia con qualche ciottolo	186.0	2.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	1256.32	--	20.0	785.0	3692.5
17	Bedrock (Argilla limosa cenere leggermente sabbiosa)	oo	--	Idriss (1990) Rock	1435.27	--	22.0	800.0	3712.5

Strato rilevamento accelerogramma: 17 Interno



9.7.2 MODELLO REALIZZATO CON GLI ACCELEROGRAMMI ALLO SLO

Accelerogrammi importati da Rexel V3.5

Nelle immagini seguenti si riportano gli accelerogrammi trasportati da rexel v3.5.

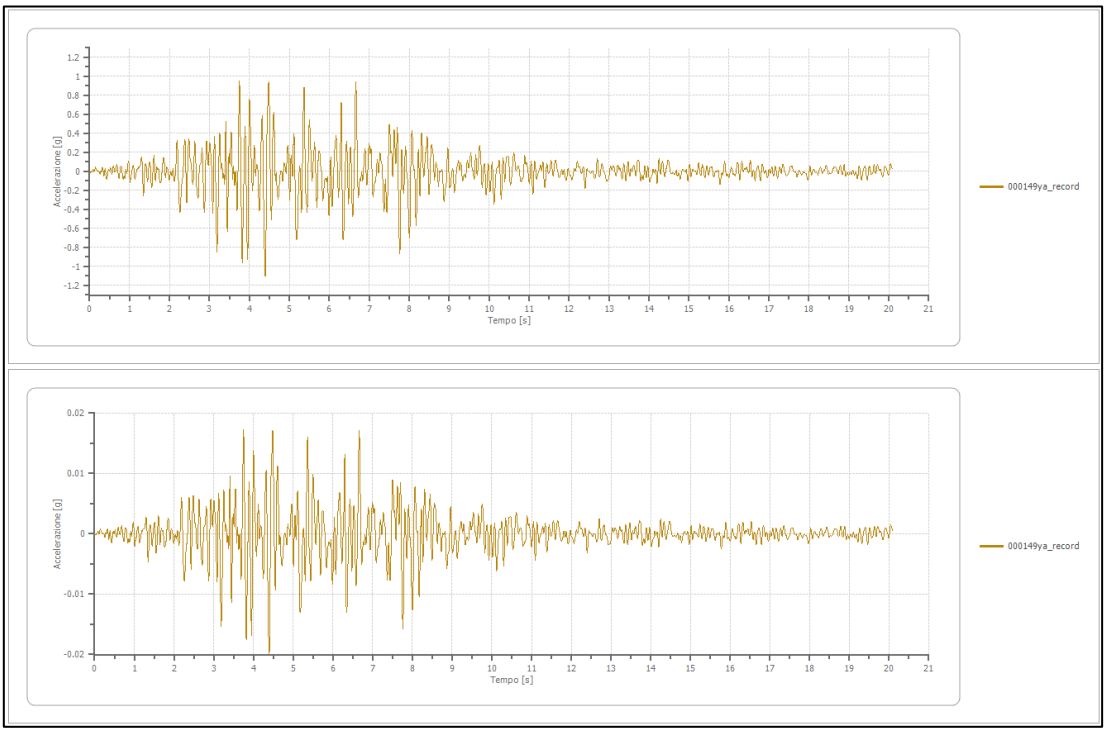


Figura 39: Accelerogramma 000149ya_record.

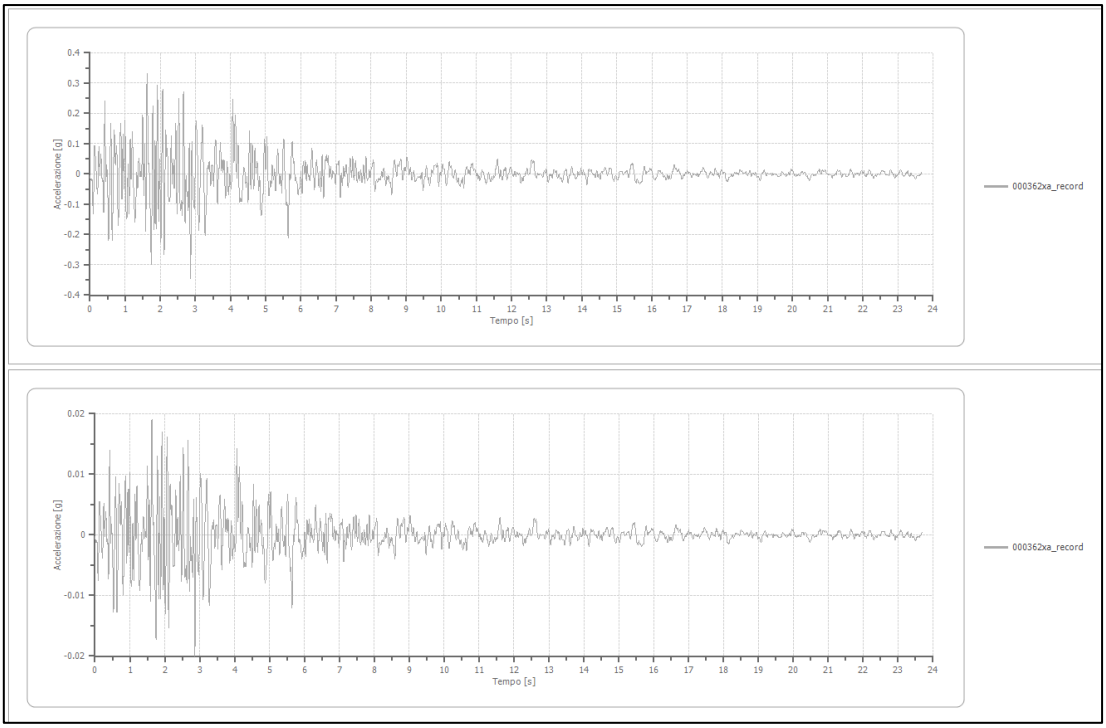


Figura 40: Accelerogramma 000362xa_record.

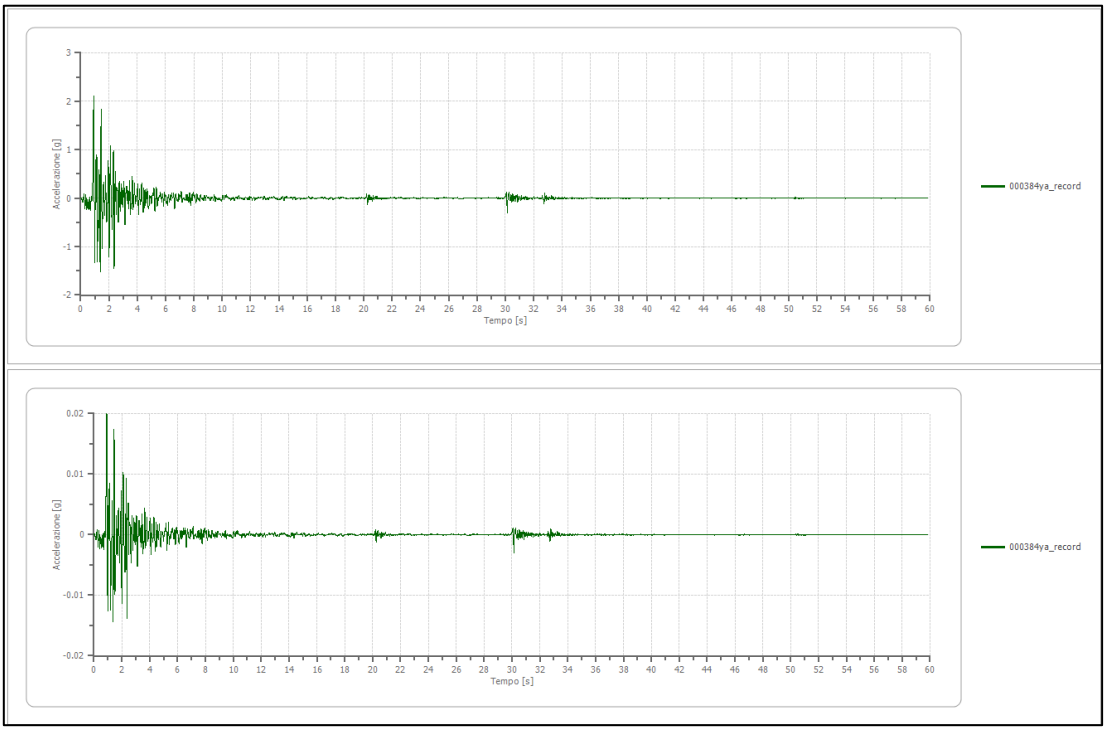


Figura 41: Accelerogramma 000384ya_record.

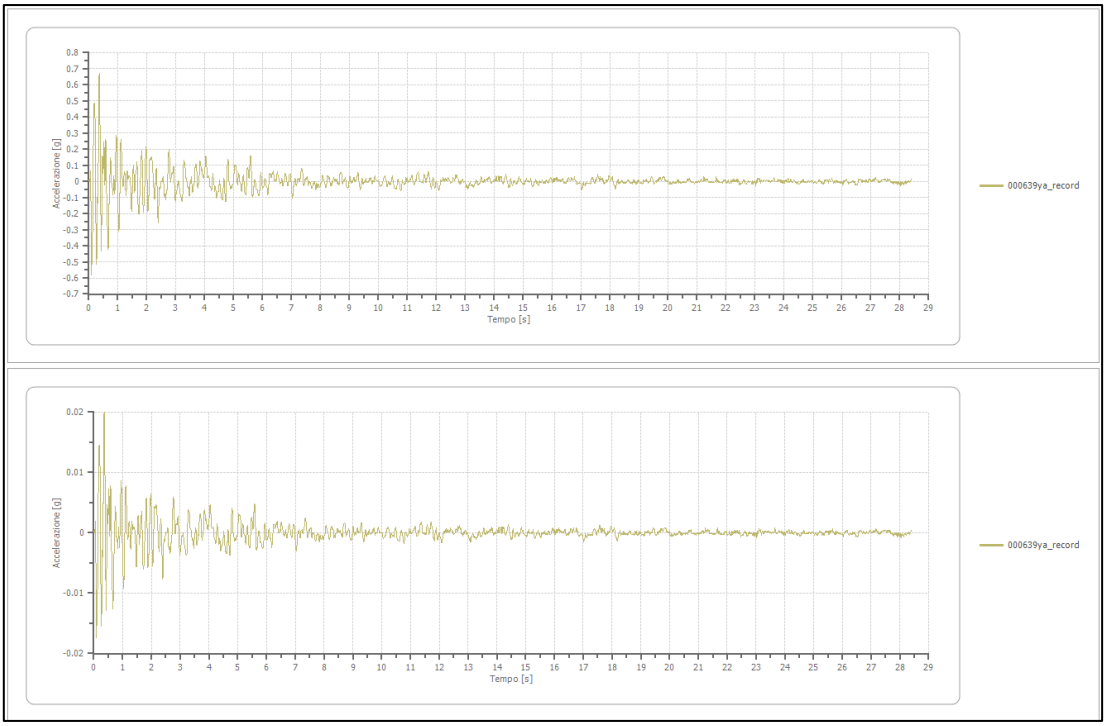


Figura 42: Accelerogramma 000646ya_record.

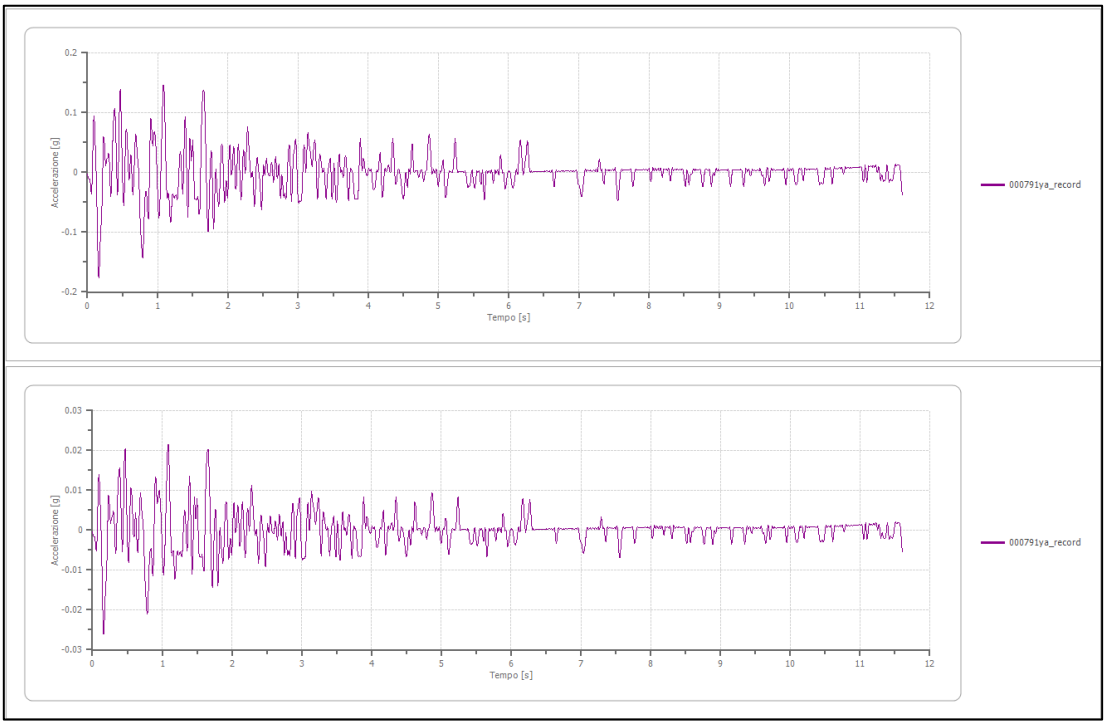


Figura 43: Accelerogramma 000791ya_record.

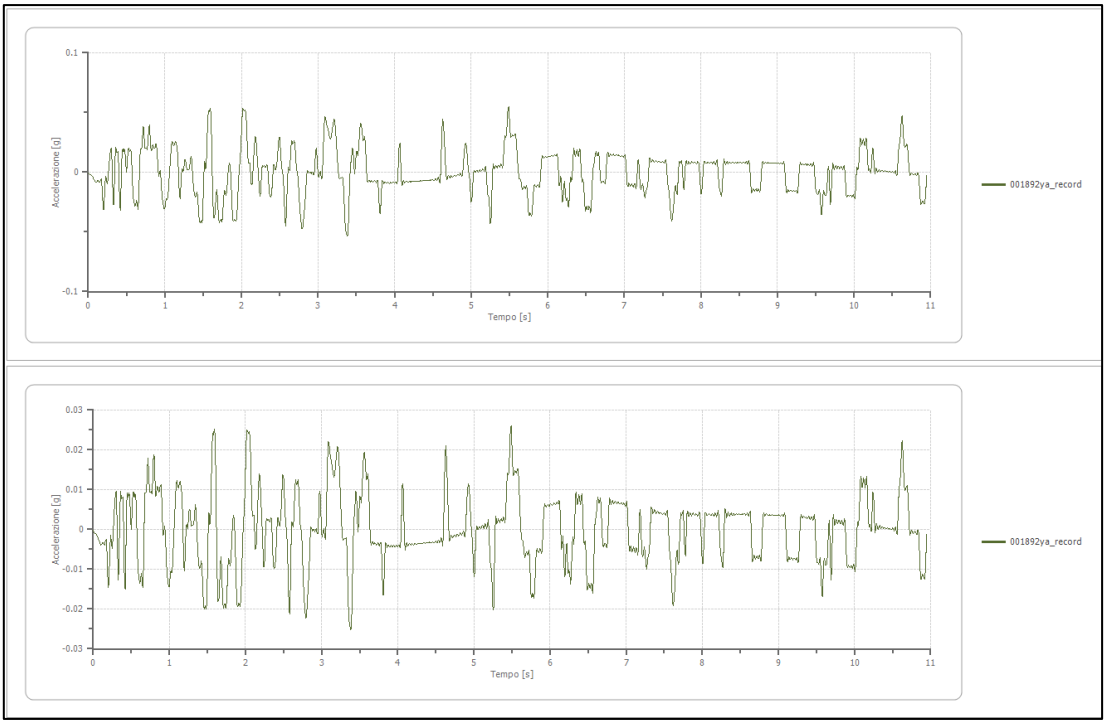


Figura 44: Accelerogramma 001892ya_record.

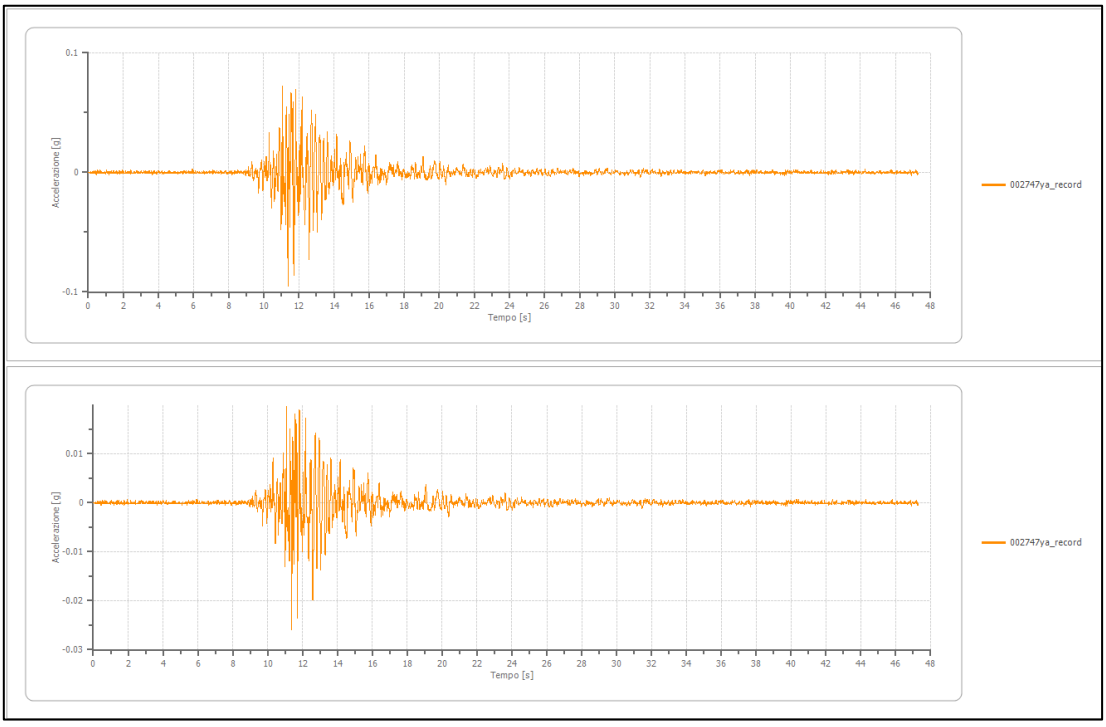


Figura 45: Accelerogramma 002747ya_record.

Risultati del modello

- **Elaborazione**

Numero di iterazioni 50

Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5

Tipo di modulo elastico Shake

Massimo errore percentuale di convergenza 7.76 E-04

- **Fattori di amplificazione ICMS 2018**

Tai	0.140 [s]
Tvi	0.540 [s]
Tao	0.140 [s]
Tvo	0.530 [s]
Sami	0.646 [m/s²]
Svmi	0.024 [m/s]
Samo	0.607 [m/s²]
Svmo	0.023 [m/s]
Fa	**0.940 [-]**
Fv	**0.988 [-]**
TB	0.081 [s]
TC	0.242 [s]
TD	1.679 [s]
SA(0)	0.020 [g]
SA(TB)	0.062 [g]

I **fattori di amplificazione** sono così determinati:

1) Si determina il periodo di massimo valore dello spettro medio di input TAi e dello spettro medio di output TAo;

2) Si ricavano i valori medi degli spettri di input (SAm,i) e di output (SAm,o) nell'intorno di TAi e di TAo come

$$SA_m = \frac{1}{TA}\int_{0.5TA}^{1.5TA} SA\ (T)dT$$

dove SA è lo spettro medio (SAi di input, SAo di output)

3) Si determinano i periodi proprio TVi e TVo per il quale sono massimi gli spettri di pseudovelocità

$$SV(T) = SA(T)\frac{T}{2\pi}$$

dove SV è lo spettro medio di pseudovelocità (SVi di input, SVo di output)

4) Si calcolano i valori medi degli spettri medi di pseudovelocità o nell'intorno di TVi e di TVo

$$SV_m = \frac{1}{0.4TV}\int_{0.8TV}^{1.2TV} SV\ (T)dT$$

dove SVi è lo spettro medio di pseudovelocità di input ed SVo è lo spettro medio pi pseudovelocità di output.

5) Il valore di FA è pari a

$$FA = \frac{SA_{m,o}}{SA_{m,i}}$$

6) Il valore di FV è pari a

$$FV = \frac{SV_{m,o}}{SV_{m.i}}$$

Per determinare i valori dello spettronormalizzato valgono le seguenti relazioni:

Periodo TC:

$$T_c = \frac{SV_{m,i}FV}{SA_{m,i}FA}$$

Periodo TB:

$$T_B = \frac{1}{3}T_C$$

Valori dello spettro in 0 e in TB

$$SA(0) = SA_i(0) * FA$$
$$SA(T_B) = SA_{m,i} * FA$$

Il ramo dello spettro ad accelerazione spettrale costante, tra TB e TC, ha ordinata pari a SAm,i*FA

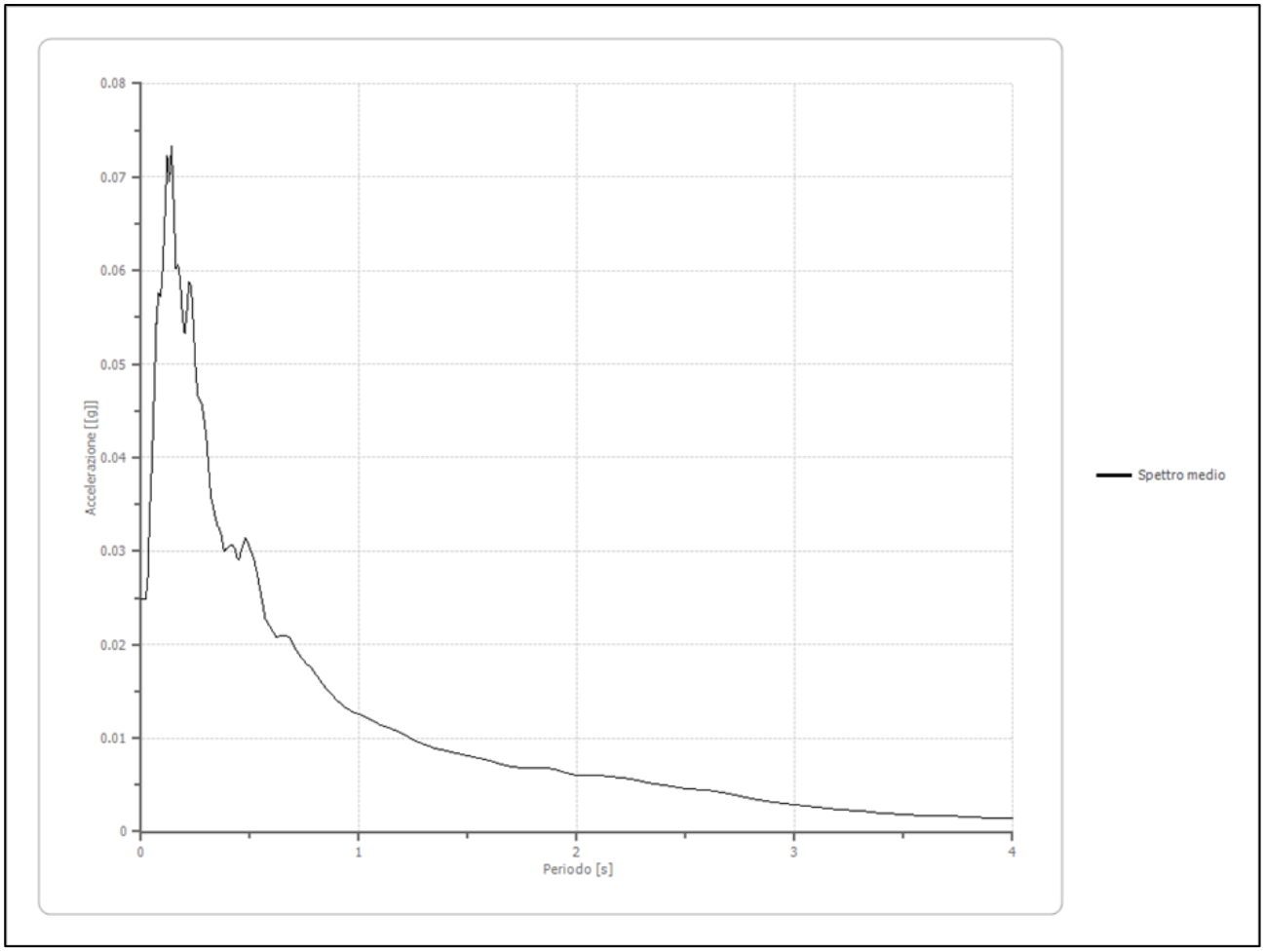
Il ramo dello spettro a velocità costante (T>TC) ha ordinate pari a SAm,i*FA*(TC/T)

- **Fattori di amplificazione su intensità spettrale**

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.008	0.007	0.200	0.969
0.400	0.800	0.009	0.009	0.500	0.985
0.700	1.100	0.009	0.009	0.636	0.988
0.500	1.500	0.022	0.022	0.333	0.998

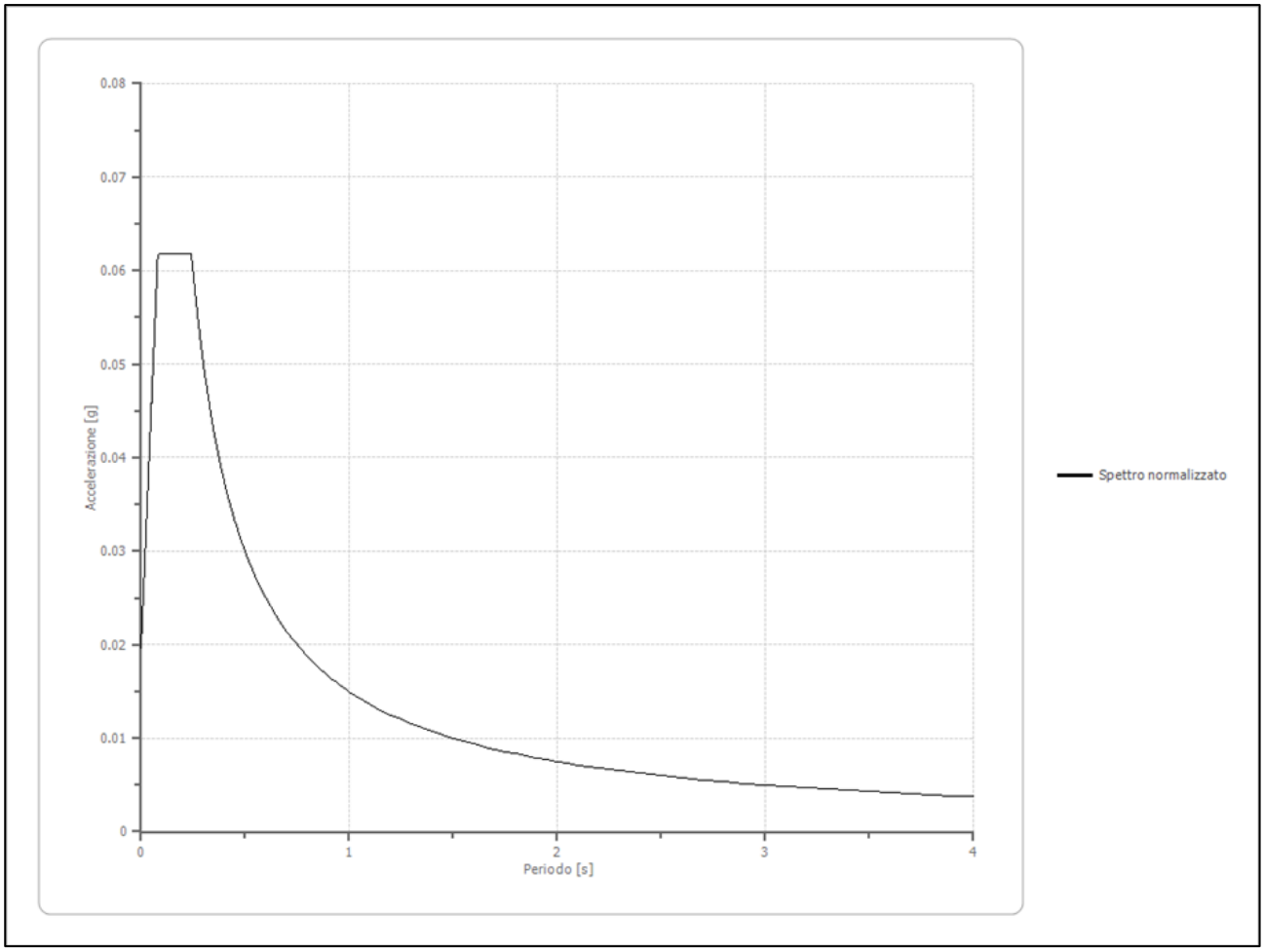
- **Spettro medio di risposta elastico**

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.0249	0.26	0.0466	0.52	0.0290	0.98	0.0127	2.25	0.0056
0.01	0.0249	0.27	0.0463	0.53	0.0279	1.00	0.0126	2.30	0.0054
0.02	0.0249	0.28	0.0455	0.54	0.0267	1.05	0.0121	2.35	0.0051
0.03	0.0266	0.29	0.0440	0.55	0.0254	1.10	0.0114	2.40	0.0050
0.04	0.0341	0.30	0.0419	0.56	0.0240	1.15	0.0110	2.50	0.0046
0.05	0.0395	0.31	0.0388	0.57	0.0228	1.20	0.0105	2.60	0.0044
0.06	0.0469	0.32	0.0359	0.58	0.0224	1.25	0.0098	2.70	0.0040
0.07	0.0543	0.33	0.0348	0.60	0.0216	1.30	0.0093	2.80	0.0035
0.08	0.0576	0.34	0.0336	0.62	0.0208	1.35	0.0089	2.90	0.0031
0.09	0.0572	0.35	0.0327	0.64	0.0210	1.40	0.0086	3.00	0.0028
0.10	0.0605	0.36	0.0324	0.66	0.0210	1.45	0.0083	3.10	0.0026
0.11	0.0661	0.37	0.0315	0.68	0.0208	1.50	0.0081	3.20	0.0024
0.12	0.0723	0.38	0.0300	0.70	0.0198	1.55	0.0079	3.30	0.0022
0.13	0.0695	0.39	0.0303	0.72	0.0191	1.60	0.0076	3.40	0.0020
0.14	0.0733	0.40	0.0303	0.74	0.0185	1.65	0.0073	3.50	0.0019
0.15	0.0667	0.41	0.0307	0.76	0.0179	1.70	0.0070	3.60	0.0018
0.16	0.0603	0.42	0.0307	0.78	0.0175	1.75	0.0068	3.70	0.0017
0.17	0.0606	0.43	0.0303	0.80	0.0169	1.80	0.0068	3.80	0.0016
0.18	0.0589	0.44	0.0293	0.82	0.0162	1.85	0.0068	3.90	0.0015
0.19	0.0551	0.45	0.0290	0.84	0.0156	1.90	0.0067	4.00	0.0014
0.20	0.0532	0.46	0.0301	0.86	0.0151	1.95	0.0063		
0.21	0.0557	0.47	0.0308	0.88	0.0146	2.00	0.0060		
0.22	0.0588	0.48	0.0315	0.90	0.0140	2.05	0.0060		
0.23	0.0582	0.49	0.0309	0.92	0.0136	2.10	0.0060		
0.24	0.0541	0.50	0.0303	0.94	0.0132	2.15	0.0059		
0.25	0.0497	0.51	0.0297	0.96	0.0129	2.20	0.0058		


0.08
0.07
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
Accelerazione [[g]]
0
1
2
3
4
Periodo [s]
Spettro medio

- **Spettro normalizzato di risposta elastico**

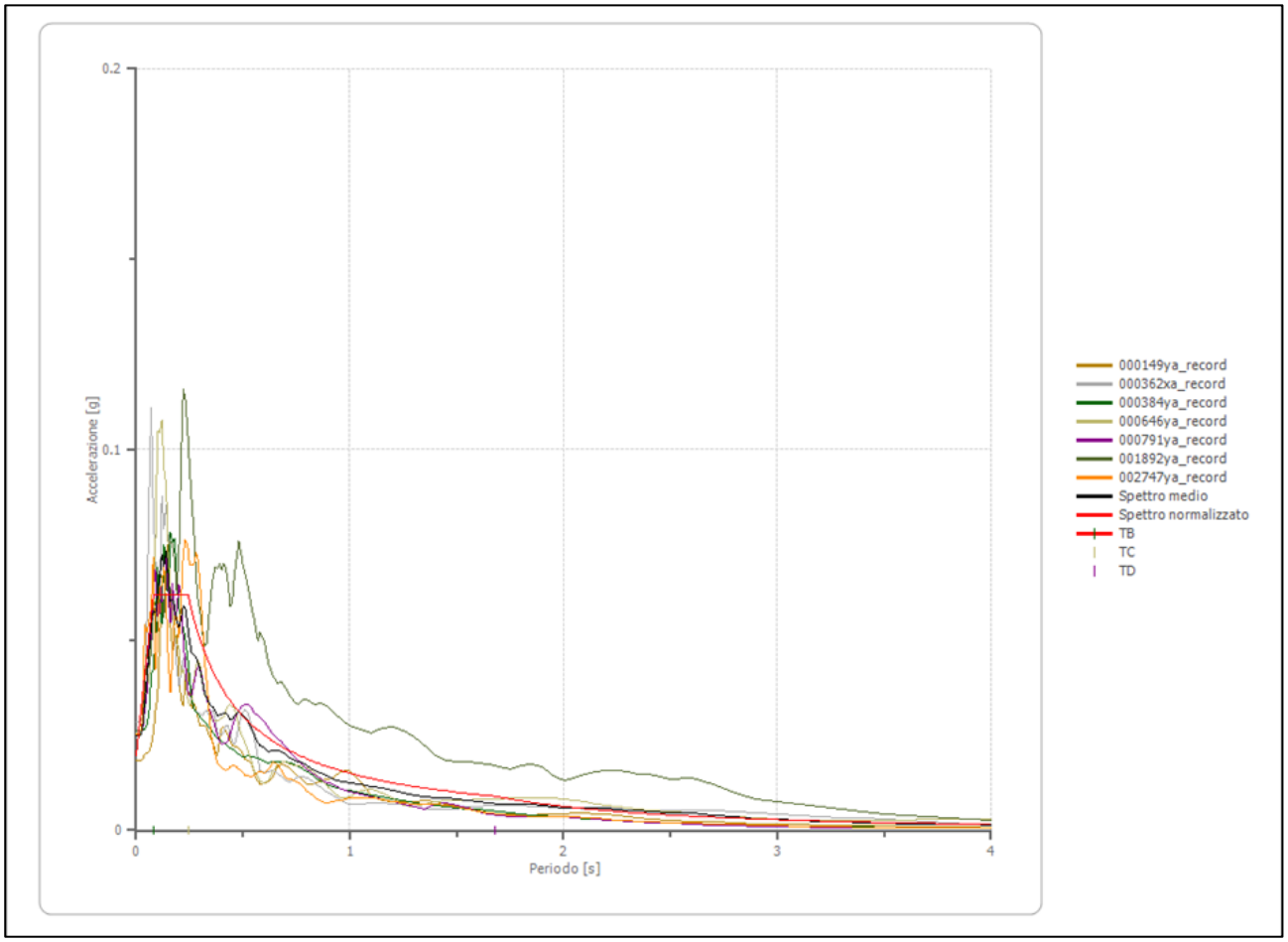
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.0197	0.26	0.0576	0.52	0.0288	0.98	0.0153	2.25	0.0067
0.01	0.0249	0.27	0.0555	0.53	0.0283	1.00	0.0150	2.30	0.0065
0.02	0.0301	0.28	0.0535	0.54	0.0277	1.05	0.0143	2.35	0.0064
0.03	0.0353	0.29	0.0517	0.55	0.0272	1.10	0.0136	2.40	0.0062
0.04	0.0406	0.30	0.0499	0.56	0.0268	1.15	0.0130	2.50	0.0060
0.05	0.0458	0.31	0.0483	0.57	0.0263	1.20	0.0125	2.60	0.0058
0.06	0.0510	0.32	0.0468	0.58	0.0258	1.25	0.0120	2.70	0.0055
0.07	0.0563	0.33	0.0454	0.60	0.0250	1.30	0.0115	2.80	0.0054
0.08	0.0615	0.34	0.0441	0.62	0.0242	1.35	0.0111	2.90	0.0052
0.09	0.0619	0.35	0.0428	0.64	0.0234	1.40	0.0107	3.00	0.0050
0.10	0.0619	0.36	0.0416	0.66	0.0227	1.45	0.0103	3.10	0.0048
0.11	0.0619	0.37	0.0405	0.68	0.0220	1.50	0.0100	3.20	0.0047
0.12	0.0619	0.38	0.0394	0.70	0.0214	1.55	0.0097	3.30	0.0045
0.13	0.0619	0.39	0.0384	0.72	0.0208	1.60	0.0094	3.40	0.0044
0.14	0.0619	0.40	0.0375	0.74	0.0202	1.65	0.0091	3.50	0.0043
0.15	0.0619	0.41	0.0365	0.76	0.0197	1.70	0.0088	3.60	0.0042
0.16	0.0619	0.42	0.0357	0.78	0.0192	1.75	0.0086	3.70	0.0040
0.17	0.0619	0.43	0.0348	0.80	0.0187	1.80	0.0083	3.80	0.0039
0.18	0.0619	0.44	0.0340	0.82	0.0183	1.85	0.0081	3.90	0.0038
0.19	0.0619	0.45	0.0333	0.84	0.0178	1.90	0.0079	4.00	0.0037
0.20	0.0619	0.46	0.0326	0.86	0.0174	1.95	0.0077		
0.21	0.0619	0.47	0.0319	0.88	0.0170	2.00	0.0075		
0.22	0.0619	0.48	0.0312	0.90	0.0166	2.05	0.0073		
0.23	0.0619	0.49	0.0306	0.92	0.0163	2.10	0.0071		
0.24	0.0619	0.50	0.0300	0.94	0.0159	2.15	0.0070		
0.25	0.0599	0.51	0.0294	0.96	0.0156	2.20	0.0068		



- **Parametri spettro normalizzato**

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.020	3.146636	--	0.081	0.242	1.679	0.020	0.062	0.855

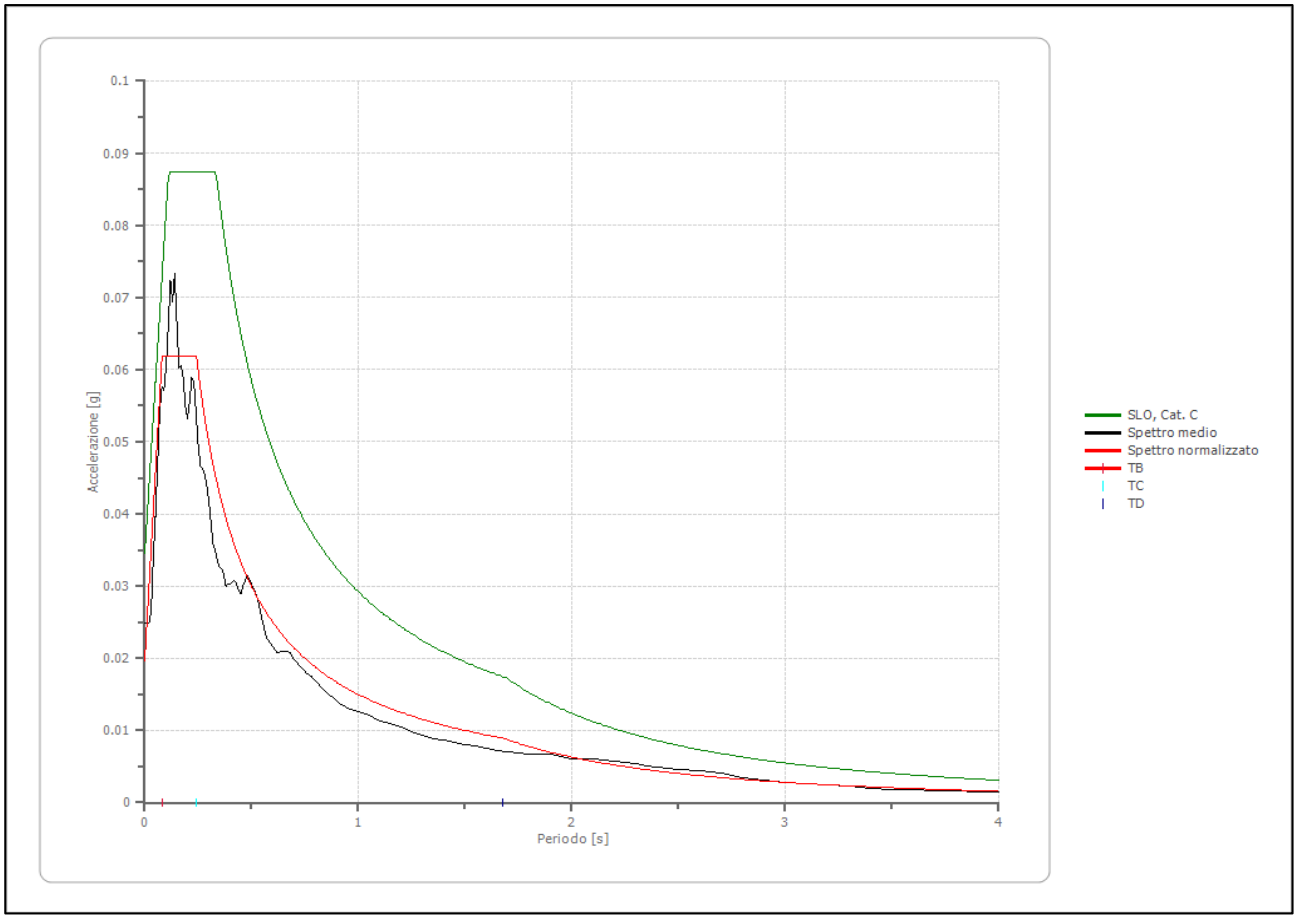
- **Confronto tra gli spettri**



- **Confronto spettro normativa**

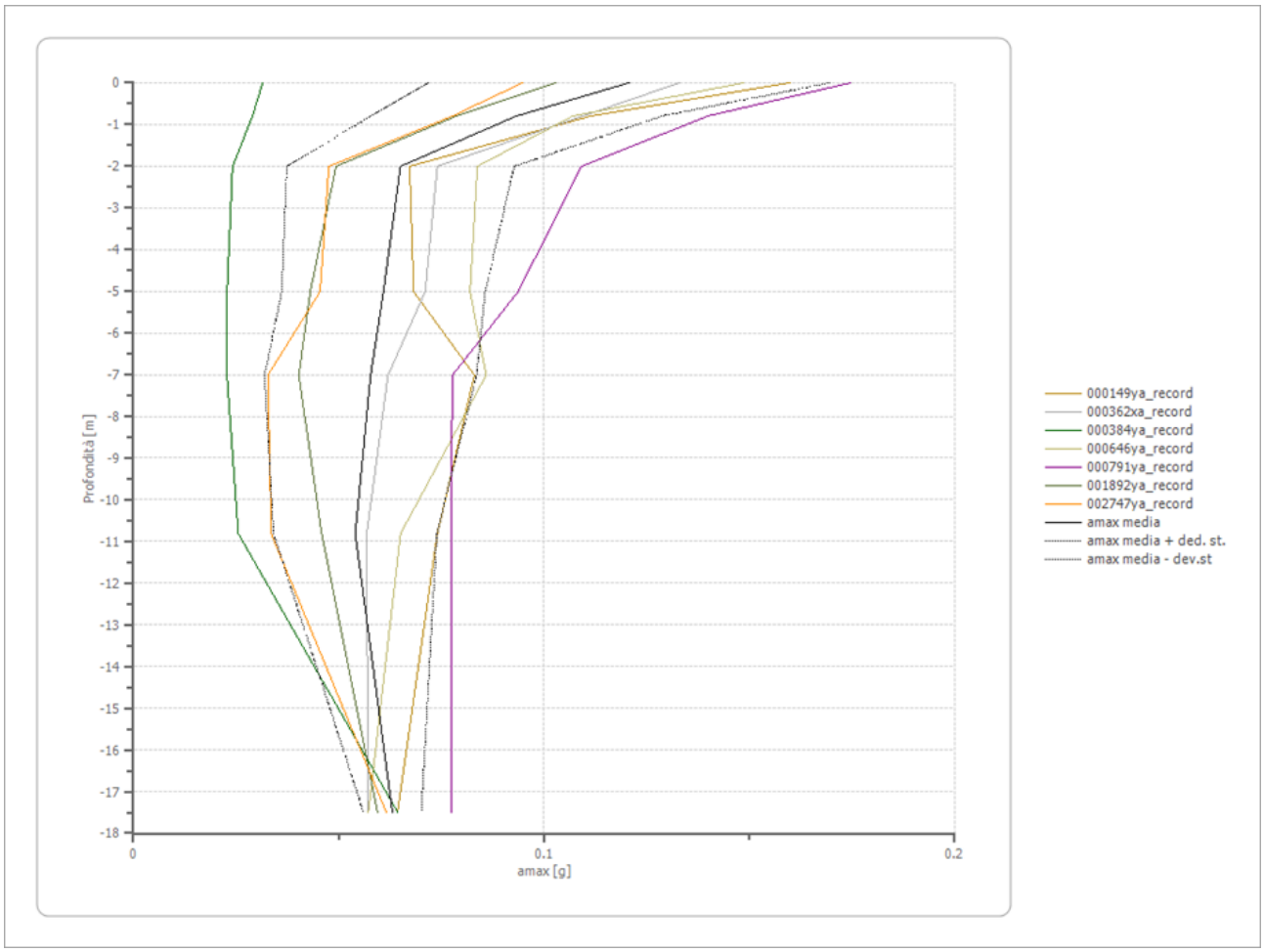
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	30	50	475	975
ag [g]	0.023	0.029	0.064	0.081
Fo	2.535	2.526	2.604	2.617
Tc* [s]	0.181	0.204	0.284	0.294
Ss	1.50	1.50	1.50	1.50
St	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.85	1.77	1.59	1.57
TB [s]	0.111	0.121	0.151	0.154
TC [s]	0.334	0.362	0.452	0.462
TD [s]	1.692	1.716	1.856	1.924
Se(0) [g]	0.035	0.044	0.096	0.122
Se(TB) [g]	0.087	0.110	0.250	0.318



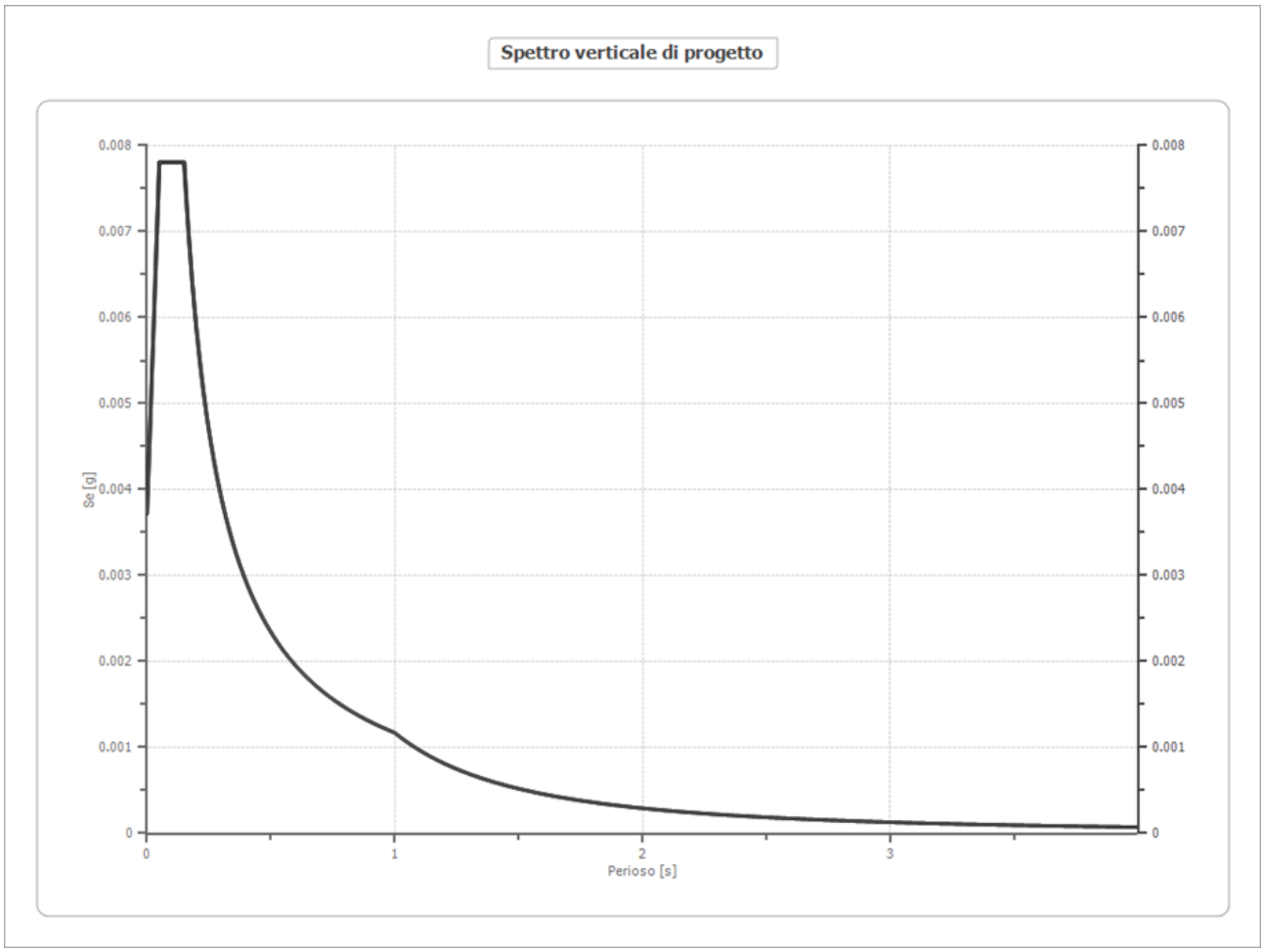
- **Profilo a max**

	0.0 [m]	0.8 [m]	2.0 [m]	5.0 [m]	7.0 [m]	10.8 [m]	17.5 [m]	24.3 [m]	27.2 [m]	30.0 [m]	37.0 [m]	53.5 [m]	60.5 [m]	77.0 [m]	84.0 [m]	186.0 [m]	188.0 [m]
000149ya_record [g]	0.160	0.111	0.067	0.068	0.083	0.074	0.064										
000362xa_record [g]	0.133	0.110	0.074	0.071	0.062	0.057	0.057										
000384ya_record [g]	0.031	0.029	0.024	0.023	0.023	0.026	0.064										
000646ya_record [g]	0.149	0.107	0.084	0.082	0.086	0.065	0.057										
000791ya_record [g]	0.175	0.140	0.109	0.094	0.078	0.077	0.077										
001892ya_record [g]	0.103	0.079	0.049	0.043	0.040	0.046	0.059										
002747ya_record [g]	0.095	0.078	0.048	0.045	0.033	0.034	0.062										
media [g]	0.121	0.093	0.065	0.061	0.058	0.054	0.063										
Dev. St. [g]	0.049	0.035	0.028	0.025	0.026	0.020	0.007										



- **Spettro verticale di progetto**

Ag [g]	F0	Tc*	Fv	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.020	3.147	0.150	0.596	1.5	0.050	0.150	1.000	0.004	0.008


Spettro verticale di progetto
Se [g]
Perioso [s]
0.008
0.007
0.006
0.005
0.004
0.003
0.002
0.001
0
0
1
2
3

9.7.3 MODELLO REALIZZATO CON GLI ACCELEROGRAMMI ALLO SLD

Accelerogrammi importati da Rexel V3.5

Nelle immagini seguenti si riportano gli accelerogrammi trasportati da rexel v3.5.

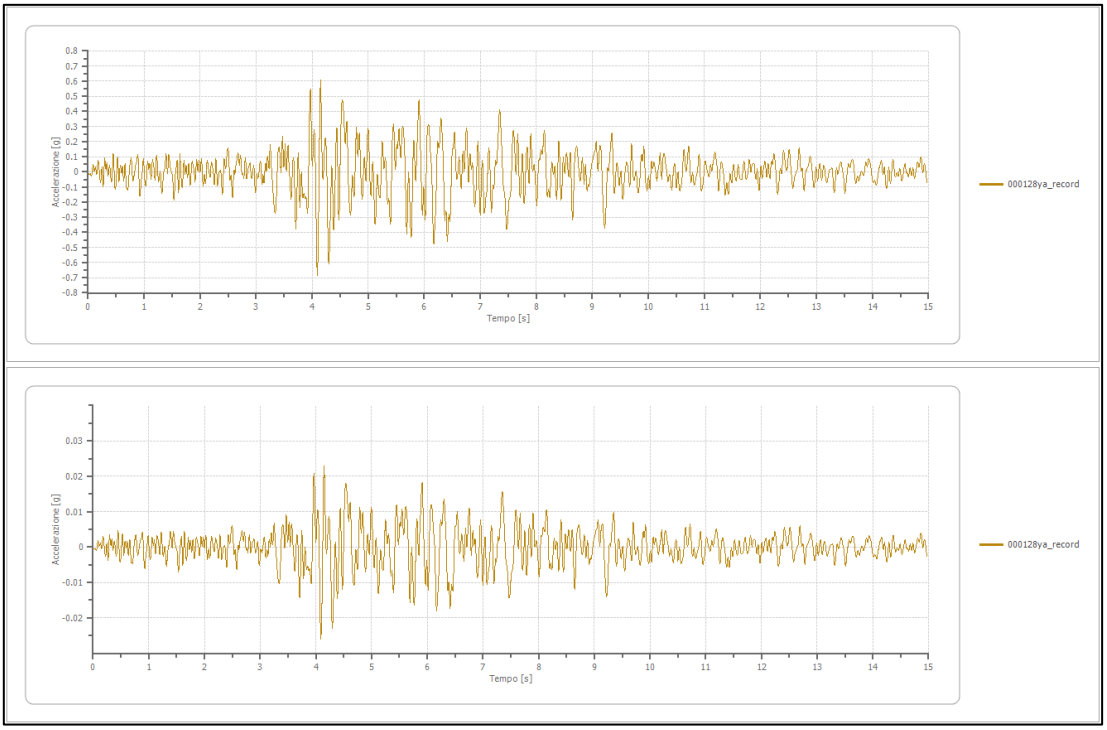


Figura 46: Accelerogramma 000128ya_record.

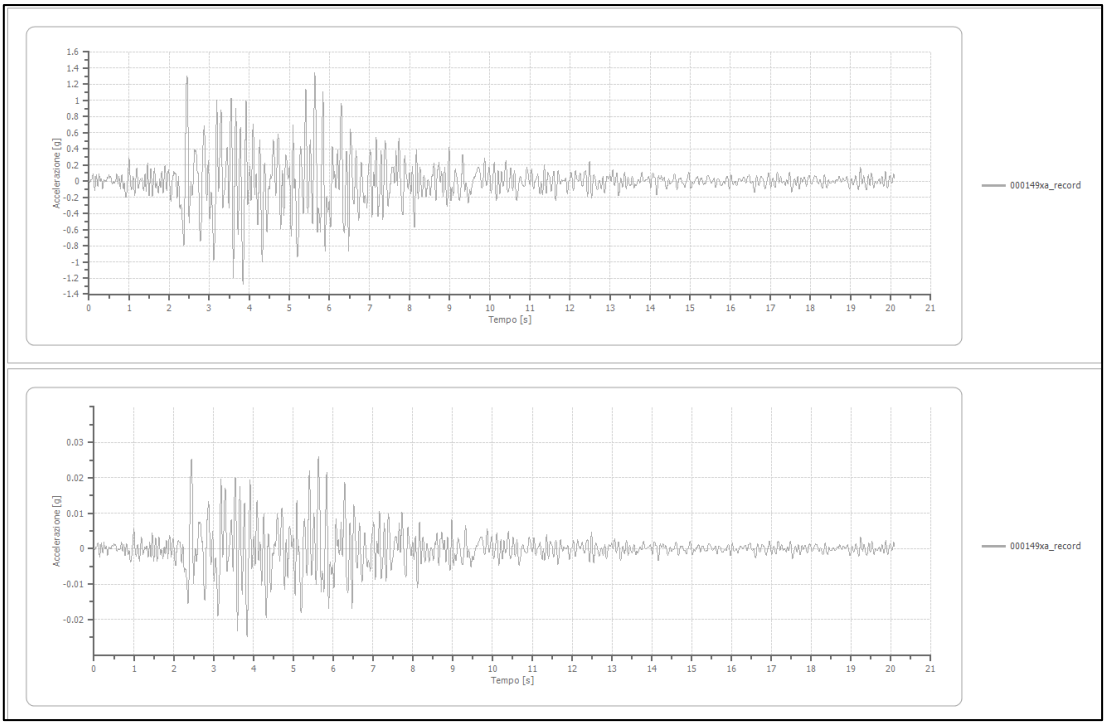


Figura 47: Accelerogramma 000149ya_record.

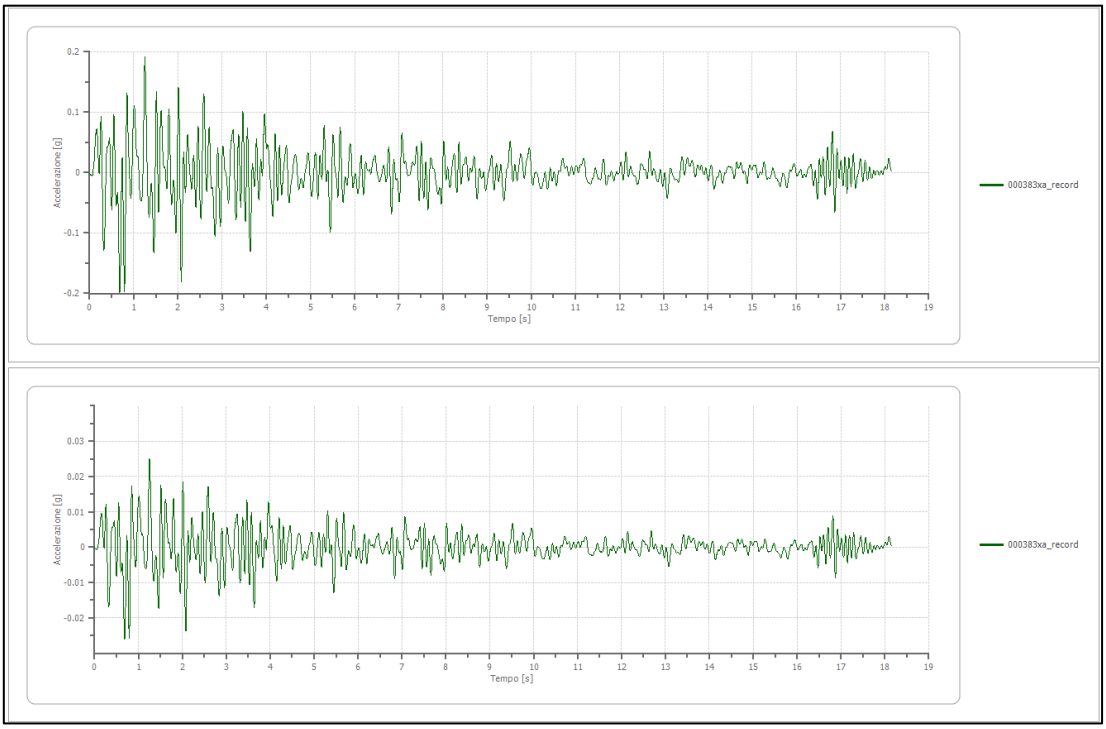


Figura 48: Accelerogramma 000383xa_record.

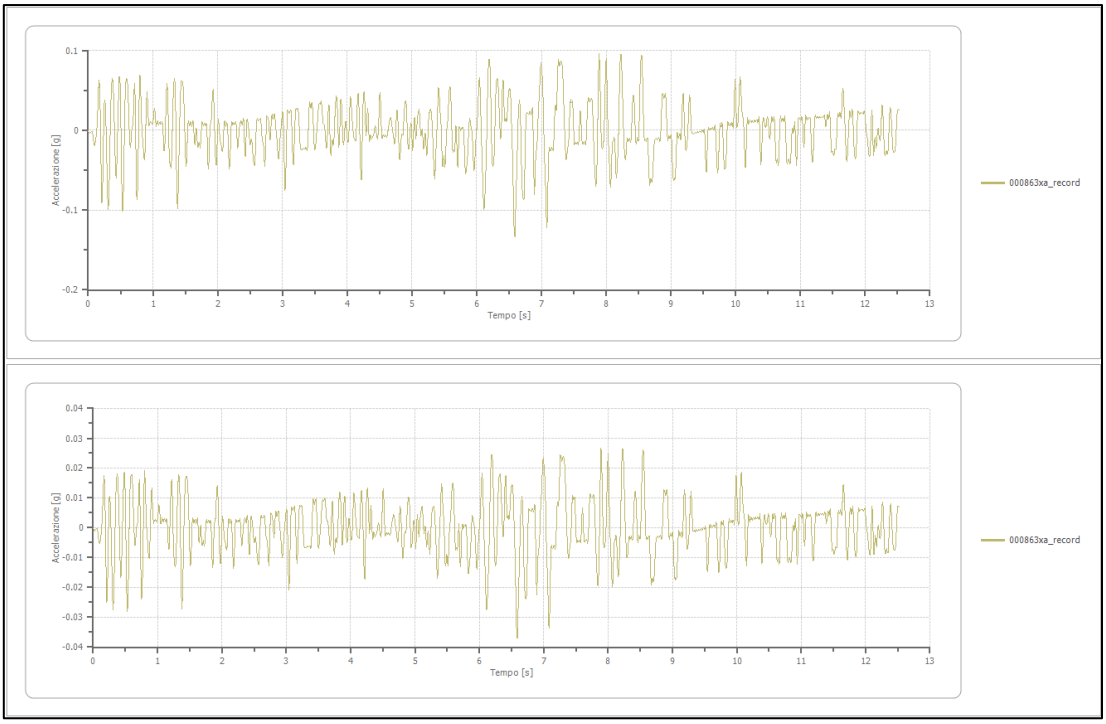


Figura 49: Accelerogramma 000863xa_record.

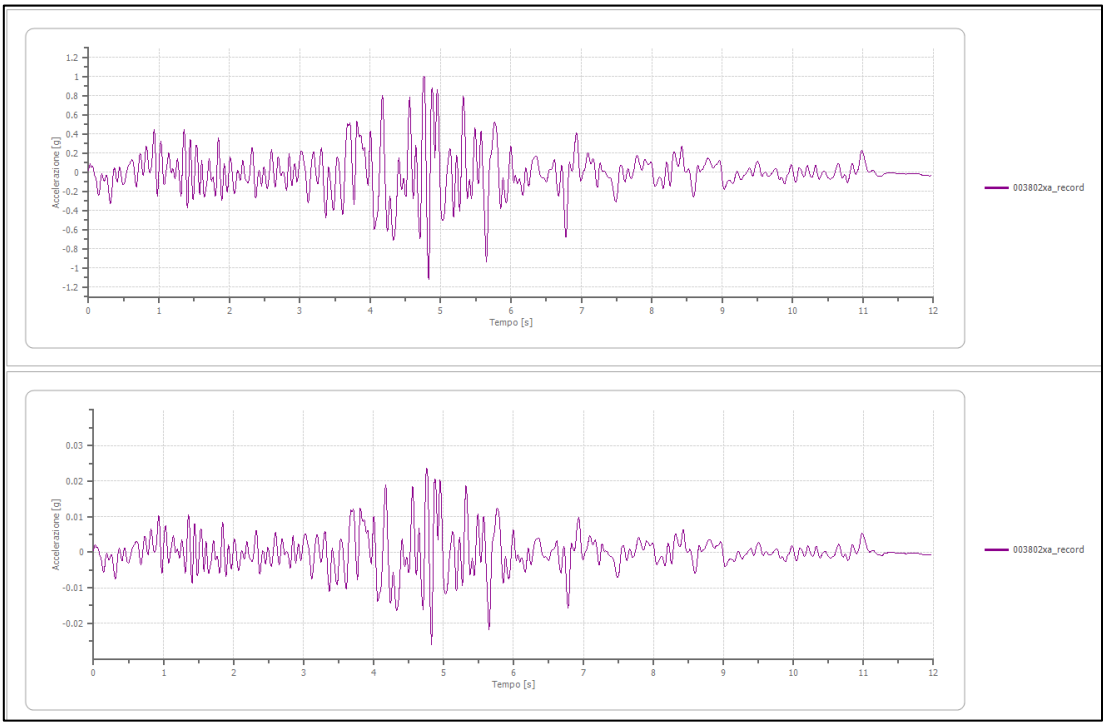


Figura 50: Accelerogramma 003802xa_record.

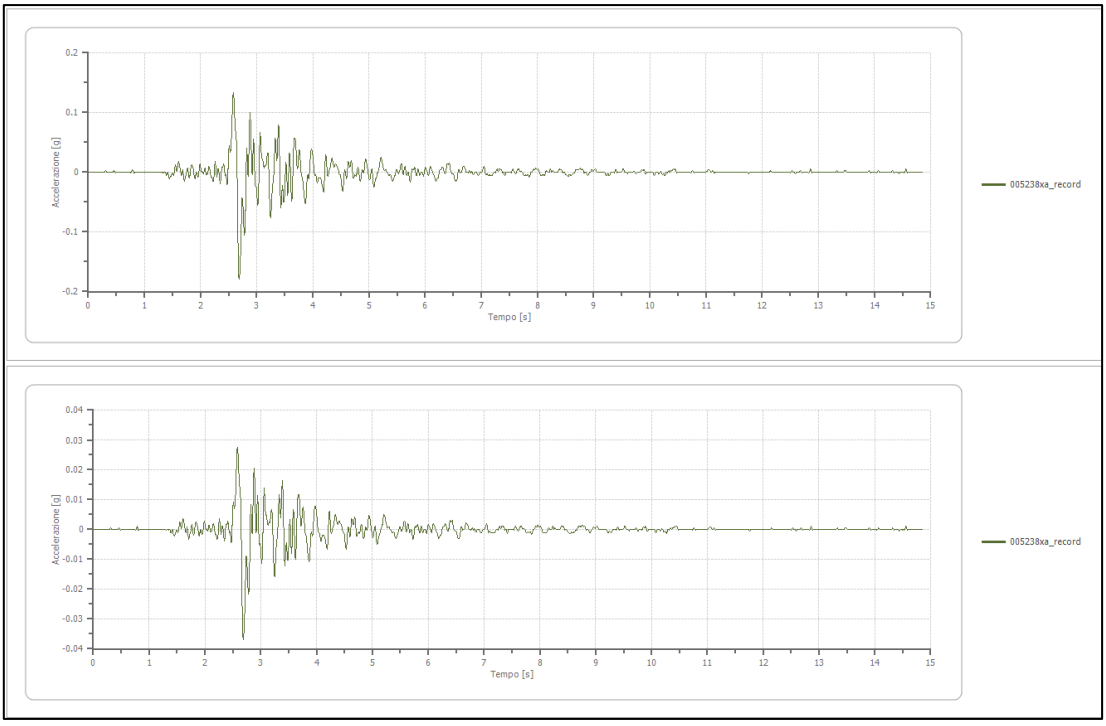


Figura 51: Accelerogramma 005238xa_record.

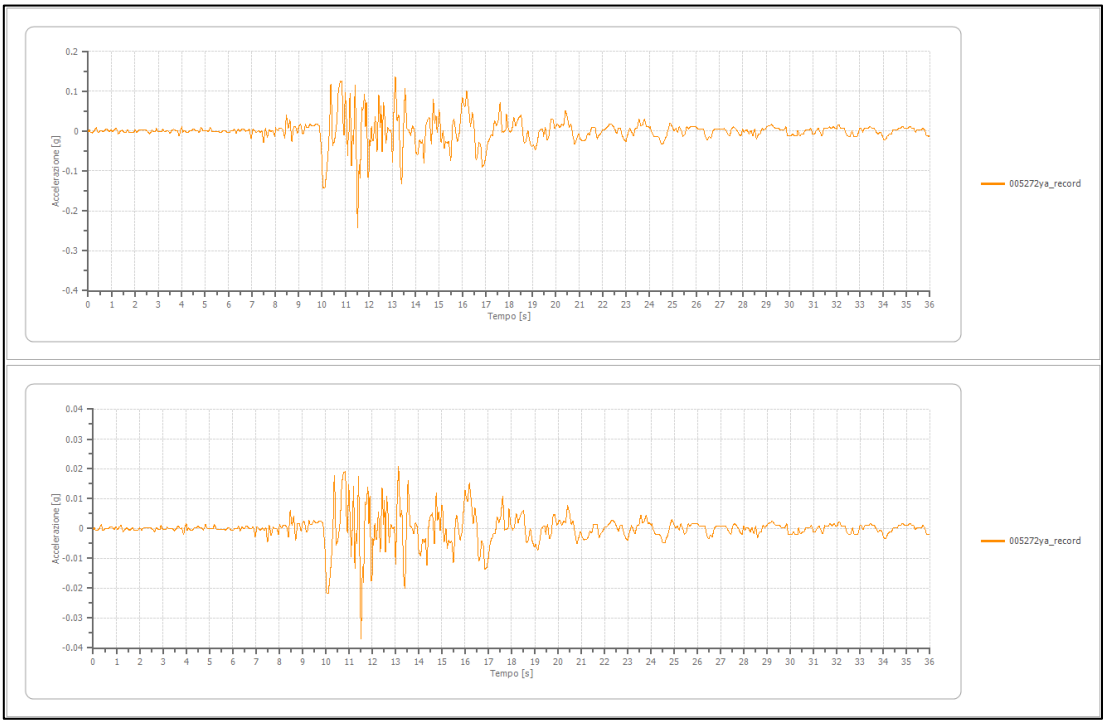


Figura 52: Accelerogramma 005272ya_record.

Risultati del modello

- **Elaborazione**

Numero di iterazioni 50

Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5

Tipo di modulo elastico Shake

Massimo errore percentuale di convergenza 3.10 E-04

- **Fattori di amplificazione ICMS 2018**

Tai	0.100 [s]
Tvi	1.350 [s]
Tao	0.120 [s]
Tvo	1.350 [s]
Sami	0.884 [m/s²]
Svmi	0.040 [m/s]
Samo	0.863 [m/s²]
Svmo	0.040 [m/s]
Fa	**0.976 [-]**
Fv	**1.007 [-]**
TB	0.098 [s]
TC	0.293 [s]
TD	1.718 [s]
SA(0)	0.030 [g]
SA(TB)	0.088 [g]

I **fattori di amplificazione** sono così determinati:

1) Si determina il periodo di massimo valore dello spettro medio di input TAi e dello spettro medio di output TAo;

2) Si ricavano i valori medi degli spettri di input (SAm,i) e di output (SAm,o) nell'intorno di TAi e di TAo come

$$SA_m = \frac{1}{TA}\int_{0.5TA}^{1.5TA} SA\ (T)dT$$

dove SA è lo spettro medio (SAi di input, SAo di output)

3) Si determinano i periodi proprio TVi e TVo per il quale sono massimi gli spettri di pseudovelocità

$$SV(T) = SA(T)\frac{T}{2\pi}$$

dove SV è lo spettro medio di pseudovelocità (SVi di input, SVo di output)

4) Si calcolano i valori medi degli spettri medi di pseudovelocità o nell'intorno di TVi e di TVo

$$SV_m = \frac{1}{0.4TV}\int_{0.8TV}^{1.2TV} SV\ (T)dT$$

dove SVi è lo spettro medio di pseudovelocità di input ed SVo è lo spettro medio pi pseudovelocità di output.

5) Il valore di FA è pari a

$$FA = \frac{SA_{m,o}}{SA_{m,i}}$$

6) Il valore di FV è pari a

$$FV = \frac{SV_{m,o}}{SV_{m.i}}$$

Per determinare i valori dello spettro normalizzato valgono le seguenti relazioni:

Periodo TC:

$$T_c = \frac{SV_{m,i}FV}{SA_{m,i}FA}$$

Periodo TB:

$$T_B = \frac{1}{3}T_C$$

Valori dello spettro in 0 e in TB

$$SA(0) = SA_i(0) * FA$$
$$SA(T_B) = SA_{m,i} * FA$$

Il ramo dello spettro ad accelerazione spettrale costante, tra TB e TC, ha ordinata pari a SAm,i*FA

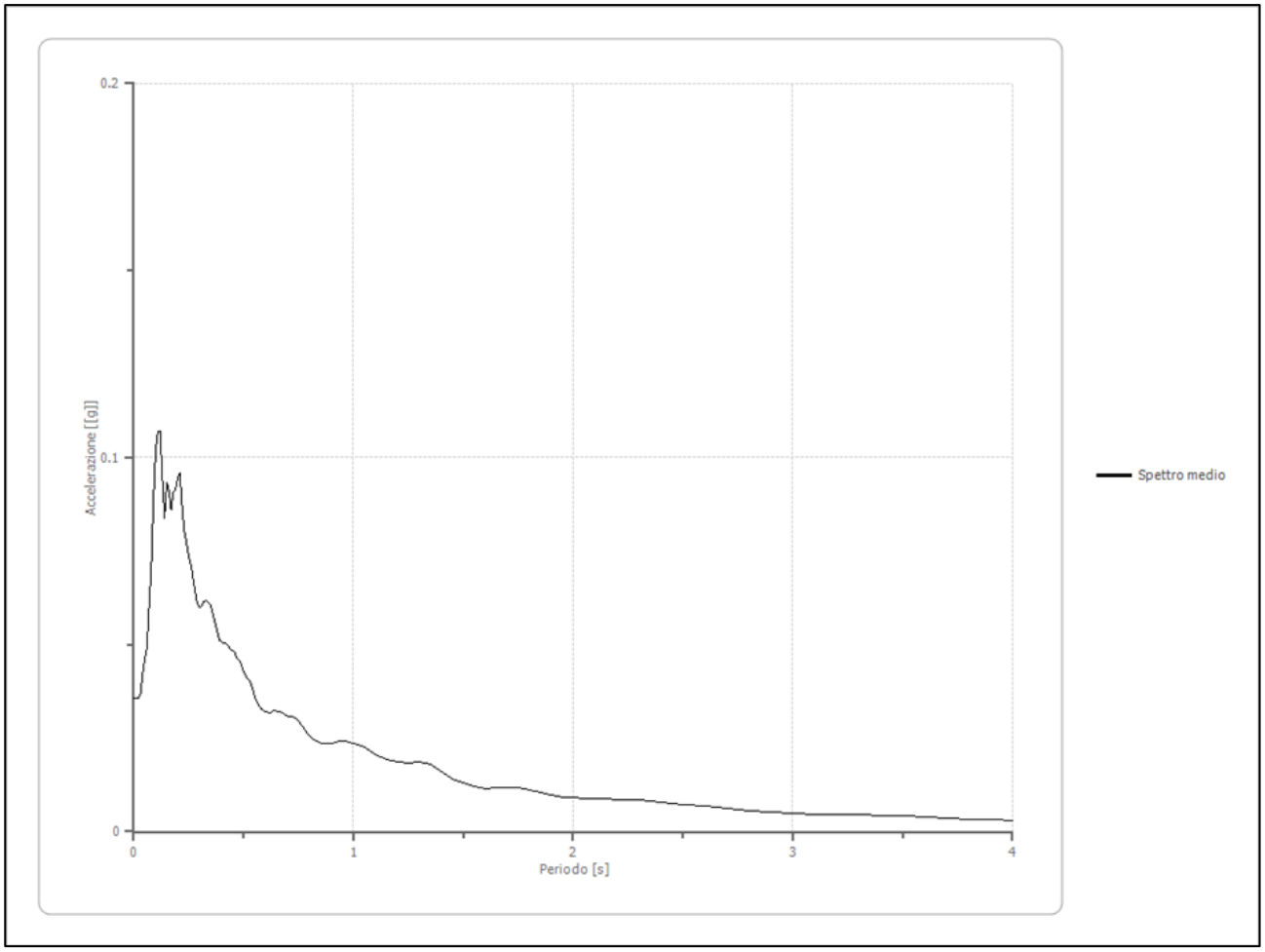
Il ramo dello spettro a velocità costante (T>TC) ha ordinate pari a SAm,i*FA*(TC/T)

- **Fattori di amplificazione su intensità spettrale**

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.012	0.011	0.200	0.985
0.400	0.800	0.014	0.014	0.500	0.990
0.700	1.100	0.015	0.015	0.636	0.987
0.500	1.500	0.039	0.038	0.333	0.996

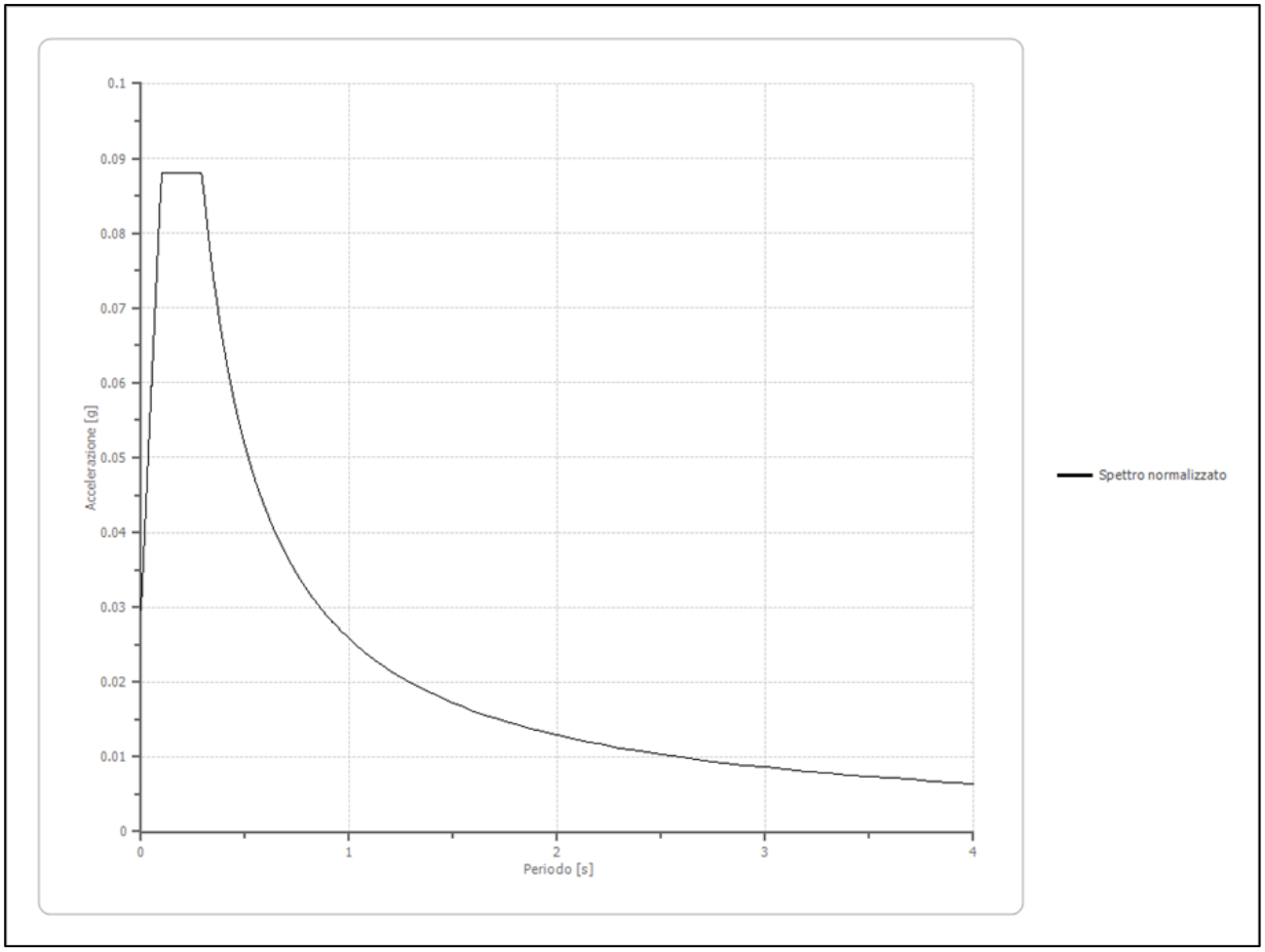
- **Spettro medio di risposta elastico**

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.0355	0.26	0.0713	0.52	0.0410	0.98	0.0239	2.25	0.0085
0.01	0.0355	0.27	0.0676	0.53	0.0399	1.00	0.0234	2.30	0.0084
0.02	0.0355	0.28	0.0638	0.54	0.0383	1.05	0.0225	2.35	0.0081
0.03	0.0368	0.29	0.0608	0.55	0.0365	1.10	0.0207	2.40	0.0079
0.04	0.0418	0.30	0.0600	0.56	0.0345	1.15	0.0193	2.50	0.0073
0.05	0.0463	0.31	0.0605	0.57	0.0336	1.20	0.0187	2.60	0.0068
0.06	0.0491	0.32	0.0616	0.58	0.0328	1.25	0.0183	2.70	0.0062
0.07	0.0605	0.33	0.0617	0.60	0.0320	1.30	0.0187	2.80	0.0055
0.08	0.0710	0.34	0.0612	0.62	0.0316	1.35	0.0181	2.90	0.0051
0.09	0.0894	0.35	0.0604	0.64	0.0325	1.40	0.0159	3.00	0.0048
0.10	0.1022	0.36	0.0584	0.66	0.0321	1.45	0.0139	3.10	0.0047
0.11	0.1069	0.37	0.0558	0.68	0.0317	1.50	0.0130	3.20	0.0046
0.12	0.1072	0.38	0.0534	0.70	0.0309	1.55	0.0120	3.30	0.0045
0.13	0.0947	0.39	0.0512	0.72	0.0306	1.60	0.0116	3.40	0.0043
0.14	0.0837	0.40	0.0506	0.74	0.0301	1.65	0.0118	3.50	0.0041
0.15	0.0932	0.41	0.0503	0.76	0.0287	1.70	0.0119	3.60	0.0039
0.16	0.0914	0.42	0.0503	0.78	0.0272	1.75	0.0117	3.70	0.0037
0.17	0.0861	0.43	0.0497	0.80	0.0255	1.80	0.0110	3.80	0.0034
0.18	0.0907	0.44	0.0489	0.82	0.0244	1.85	0.0104	3.90	0.0032
0.19	0.0916	0.45	0.0485	0.84	0.0238	1.90	0.0098	4.00	0.0029
0.20	0.0946	0.46	0.0479	0.86	0.0235	1.95	0.0092		
0.21	0.0960	0.47	0.0465	0.88	0.0234	2.00	0.0091		
0.22	0.0873	0.48	0.0457	0.90	0.0235	2.05	0.0089		
0.23	0.0802	0.49	0.0445	0.92	0.0237	2.10	0.0088		
0.24	0.0774	0.50	0.0430	0.94	0.0241	2.15	0.0087		
0.25	0.0735	0.51	0.0416	0.96	0.0241	2.20	0.0086		


0.2
0.1
0
Accelerazione [[g]]
0
1
2
3
4
Periodo [s]
Spettro medio

- **Spettro normalizzato di risposta elastico**

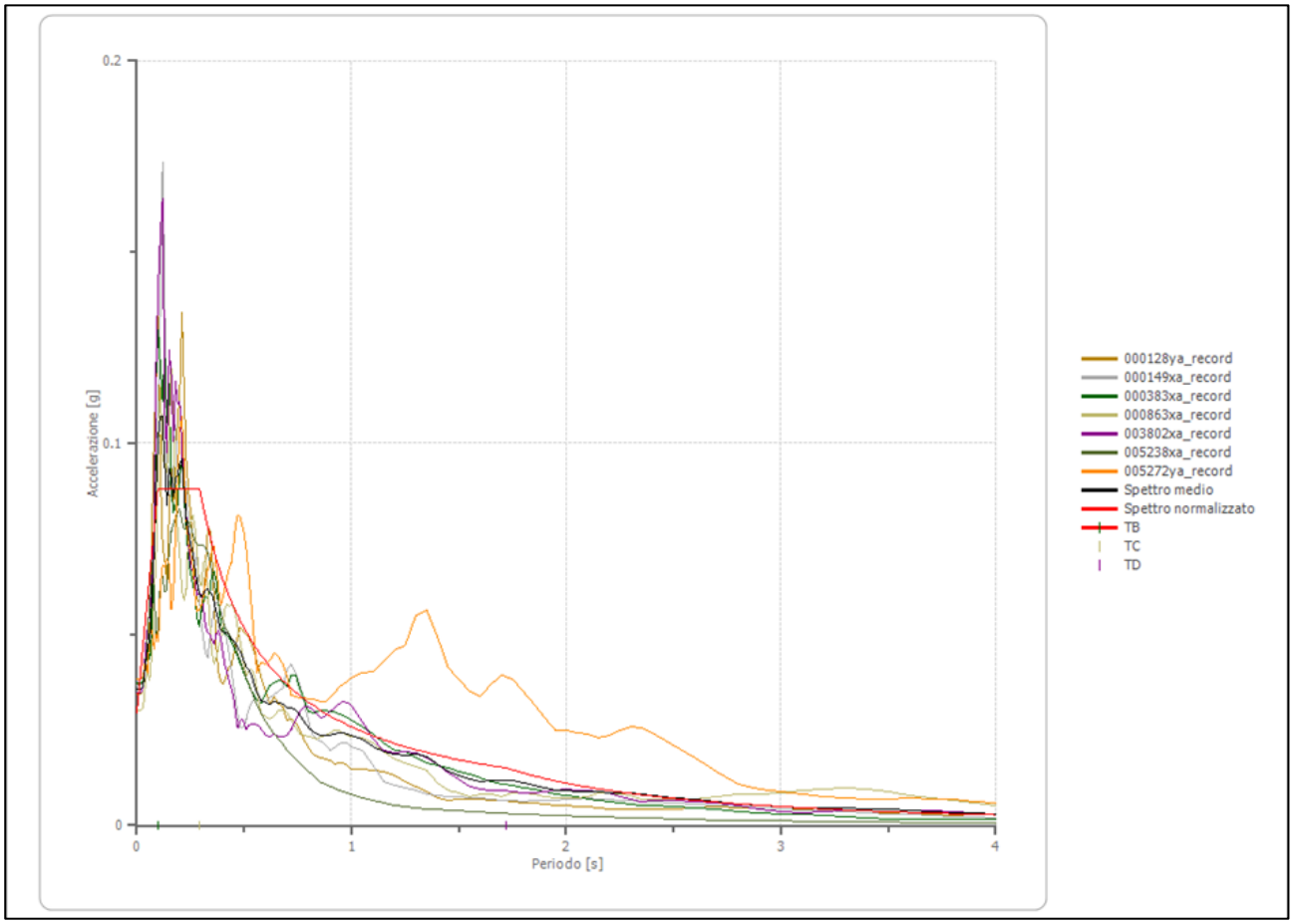
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.0295	0.26	0.0880	0.52	0.0496	0.98	0.0263	2.25	0.0115
0.01	0.0355	0.27	0.0880	0.53	0.0486	1.00	0.0258	2.30	0.0112
0.02	0.0415	0.28	0.0880	0.54	0.0477	1.05	0.0246	2.35	0.0110
0.03	0.0475	0.29	0.0880	0.55	0.0469	1.10	0.0234	2.40	0.0107
0.04	0.0535	0.30	0.0859	0.56	0.0460	1.15	0.0224	2.50	0.0103
0.05	0.0595	0.31	0.0832	0.57	0.0452	1.20	0.0215	2.60	0.0099
0.06	0.0655	0.32	0.0806	0.58	0.0444	1.25	0.0206	2.70	0.0095
0.07	0.0715	0.33	0.0781	0.60	0.0430	1.30	0.0198	2.80	0.0092
0.08	0.0775	0.34	0.0758	0.62	0.0416	1.35	0.0191	2.90	0.0089
0.09	0.0835	0.35	0.0737	0.64	0.0403	1.40	0.0184	3.00	0.0086
0.10	0.0880	0.36	0.0716	0.66	0.0391	1.45	0.0178	3.10	0.0083
0.11	0.0880	0.37	0.0697	0.68	0.0379	1.50	0.0172	3.20	0.0081
0.12	0.0880	0.38	0.0678	0.70	0.0368	1.55	0.0166	3.30	0.0078
0.13	0.0880	0.39	0.0661	0.72	0.0358	1.60	0.0161	3.40	0.0076
0.14	0.0880	0.40	0.0644	0.74	0.0348	1.65	0.0156	3.50	0.0074
0.15	0.0880	0.41	0.0629	0.76	0.0339	1.70	0.0152	3.60	0.0072
0.16	0.0880	0.42	0.0614	0.78	0.0330	1.75	0.0147	3.70	0.0070
0.17	0.0880	0.43	0.0599	0.80	0.0322	1.80	0.0143	3.80	0.0068
0.18	0.0880	0.44	0.0586	0.82	0.0314	1.85	0.0139	3.90	0.0066
0.19	0.0880	0.45	0.0573	0.84	0.0307	1.90	0.0136	4.00	0.0064
0.20	0.0880	0.46	0.0560	0.86	0.0300	1.95	0.0132		
0.21	0.0880	0.47	0.0548	0.88	0.0293	2.00	0.0129		
0.22	0.0880	0.48	0.0537	0.90	0.0286	2.05	0.0126		
0.23	0.0880	0.49	0.0526	0.92	0.0280	2.10	0.0123		
0.24	0.0880	0.50	0.0516	0.94	0.0274	2.15	0.0120		
0.25	0.0880	0.51	0.0505	0.96	0.0269	2.20	0.0117		



- **Parametri spettro normalizzato**

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.030	2.979307	--	0.098	0.293	1.718	0.030	0.088	1.019

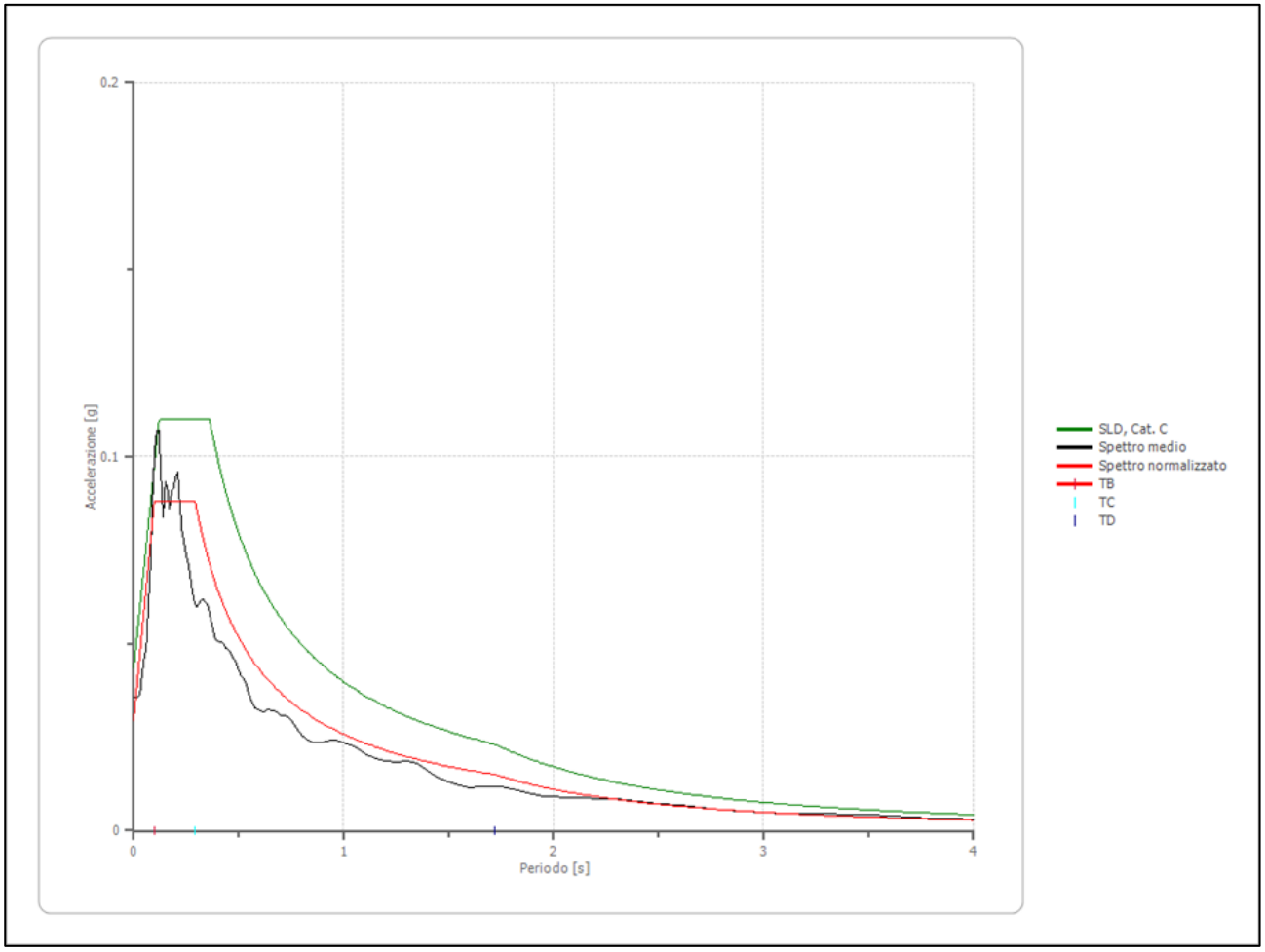
- **Confronto tra gli spettri**



- **Confronto spettro normativa**

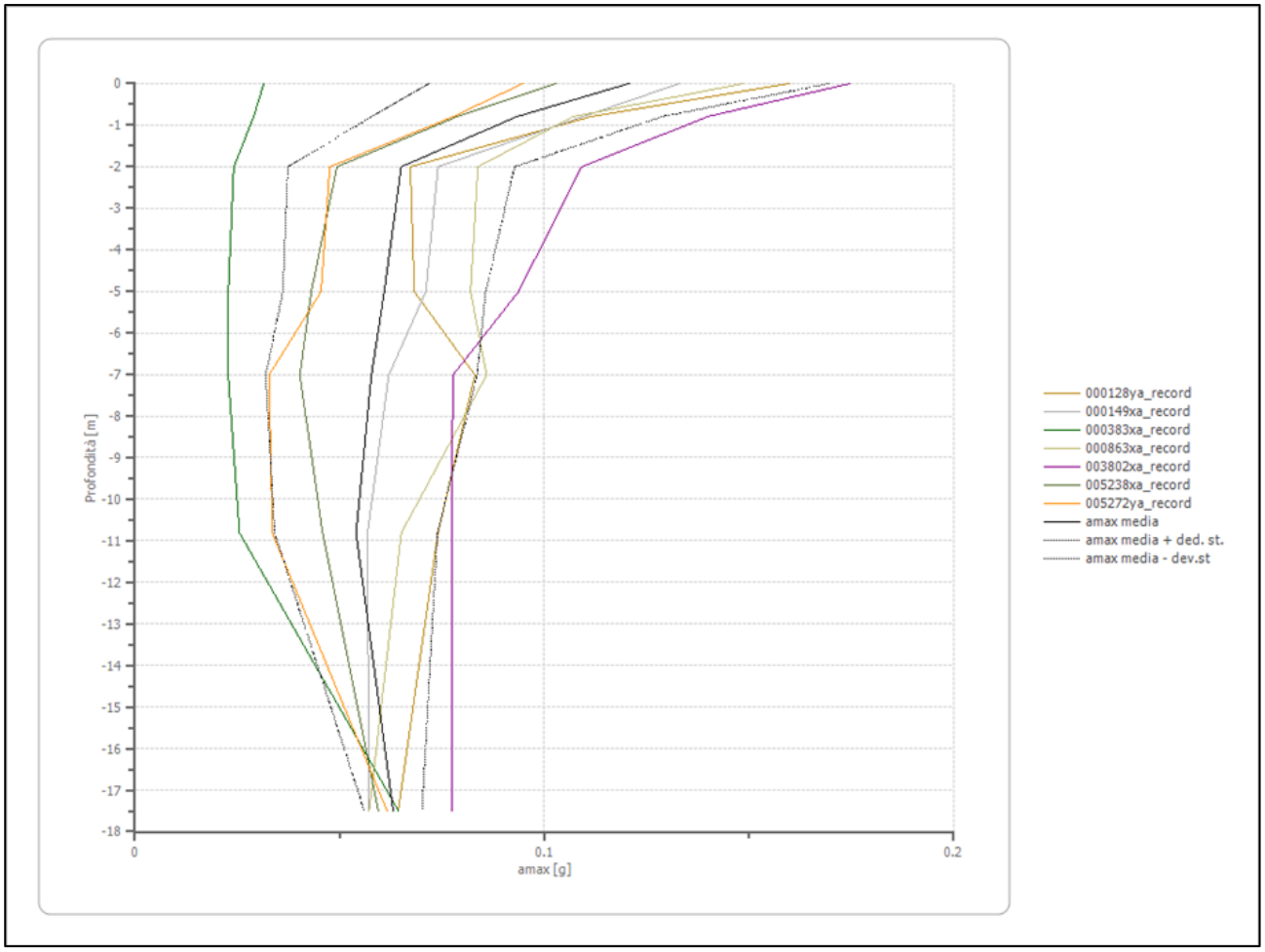
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	30	50	475	975
ag [g]	0.023	0.029	0.064	0.081
Fo	2.535	2.526	2.604	2.617
Tc* [s]	0.181	0.204	0.284	0.294
Ss	1.50	1.50	1.50	1.50
St	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.85	1.77	1.59	1.57
TB [s]	0.111	0.121	0.151	0.154
TC [s]	0.334	0.362	0.452	0.462
TD [s]	1.692	1.716	1.856	1.924
Se(0) [g]	0.035	0.044	0.096	0.122
Se(TB) [g]	0.087	0.110	0.250	0.318



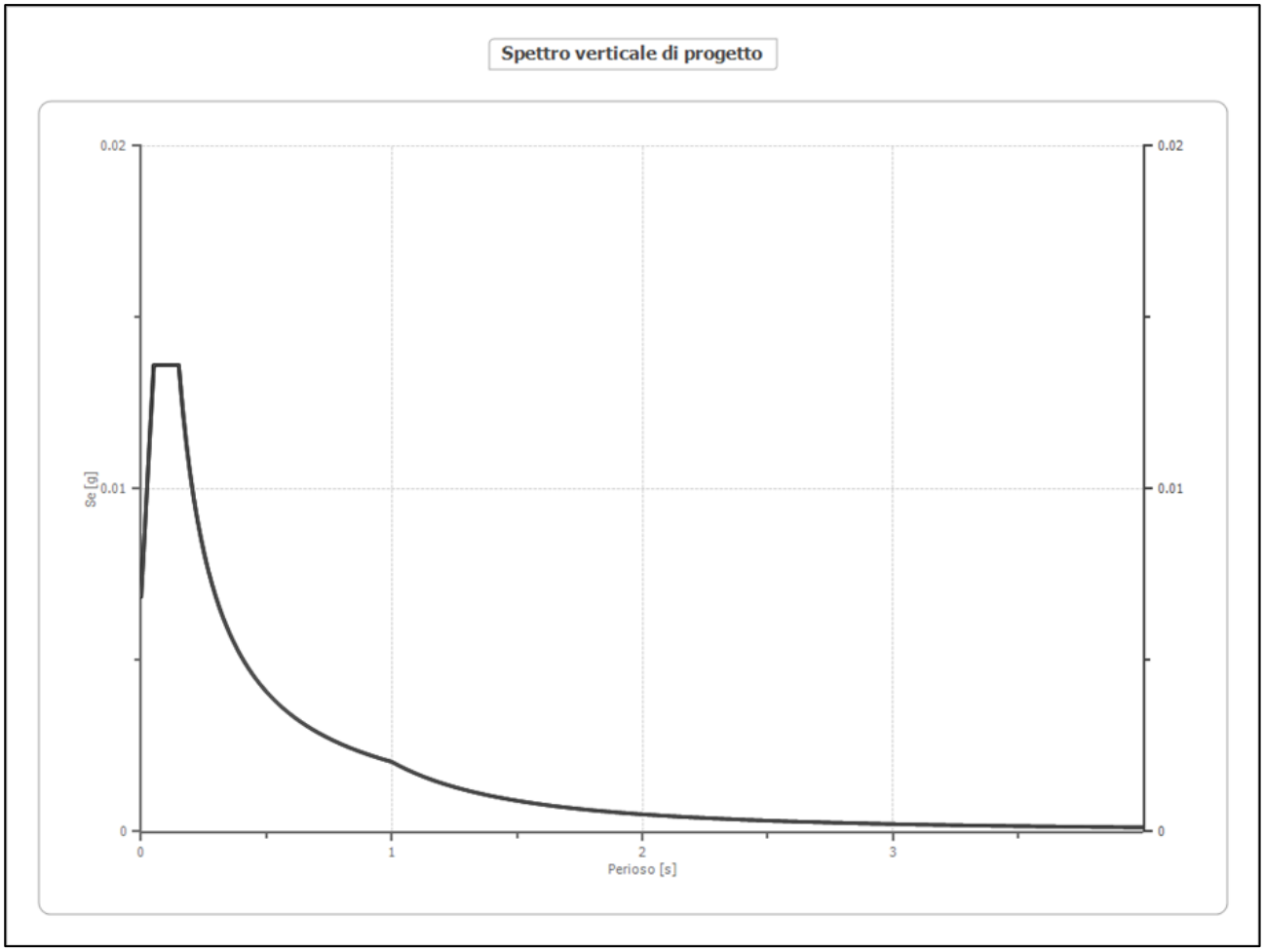
- **Profilo a max**

	0.0 [m]	0.8 [m]	2.0 [m]	5.0 [m]	7.0 [m]	10.8 [m]	17.5 [m]	24.3 [m]	27.2 [m]	30.0 [m]	37.0 [m]	53.5 [m]	60.5 [m]	77.0 [m]	84.0 [m]	186.0 [m]	188.0 [m]
000128ya_record [g]	0.160	0.111	0.067	0.068	0.083	0.074	0.064										
000149xa_record [g]	0.133	0.110	0.074	0.071	0.062	0.057	0.057										
000383xa_record [g]	0.031	0.029	0.024	0.023	0.023	0.026	0.064										
000863xa_record [g]	0.149	0.107	0.084	0.082	0.086	0.065	0.057										
003802xa_record [g]	0.175	0.140	0.109	0.094	0.078	0.077	0.077										
005238xa_record [g]	0.103	0.079	0.049	0.043	0.040	0.046	0.059										
005272ya_record [g]	0.095	0.078	0.048	0.045	0.033	0.034	0.062										
media [g]	0.121	0.093	0.065	0.061	0.058	0.054	0.063										
Dev. St. [g]	0.049	0.035	0.028	0.025	0.026	0.020	0.007										



- **Spettro verticale di progetto**

Ag [g]	F0	Tc*	Fv	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.030	2.979	0.150	0.691	1.5	0.050	0.150	1.000	0.007	0.014


Spettro verticale di progetto
0.02
0.01
0
Se [g]
0
1
2
3
Perioso [s]

9.7.4 MODELLO REALIZZATO CON GLI ACCELEROGRAMMI ALLO SLV

Accelerogrammi importati da Rexel V3.5

Nelle immagini seguenti si riportano gli accelerogrammi trasportati da rexel v3.5.

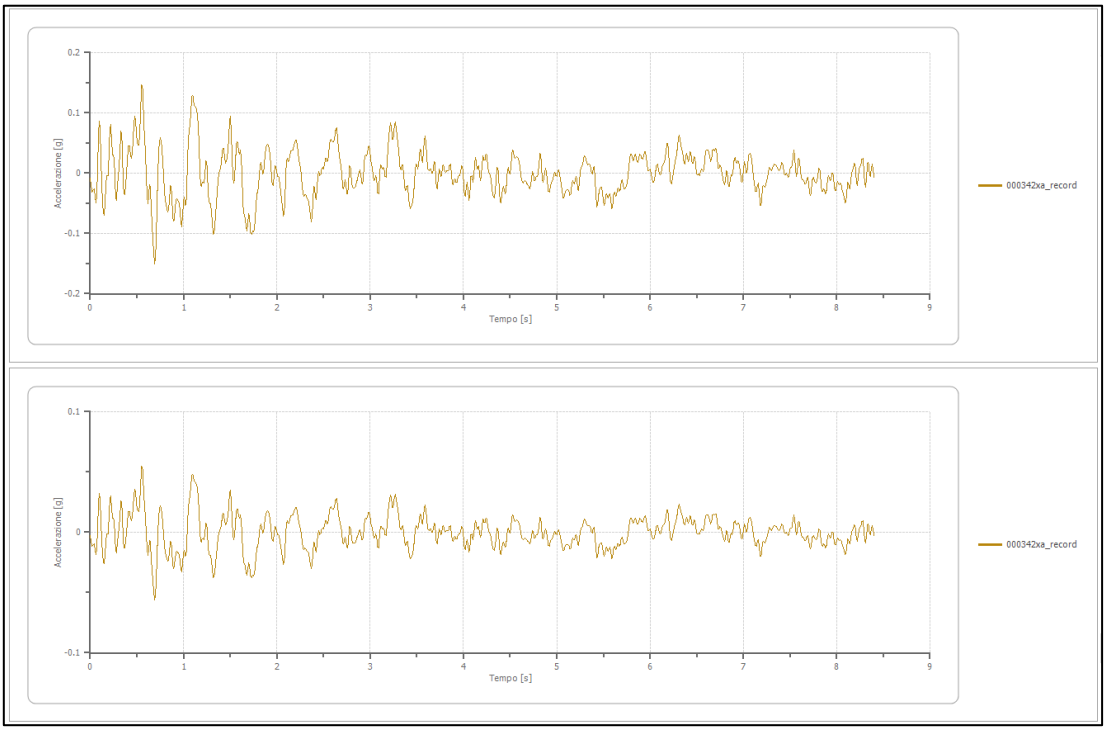


Figura 53: Accelerogramma 000342xa_record.

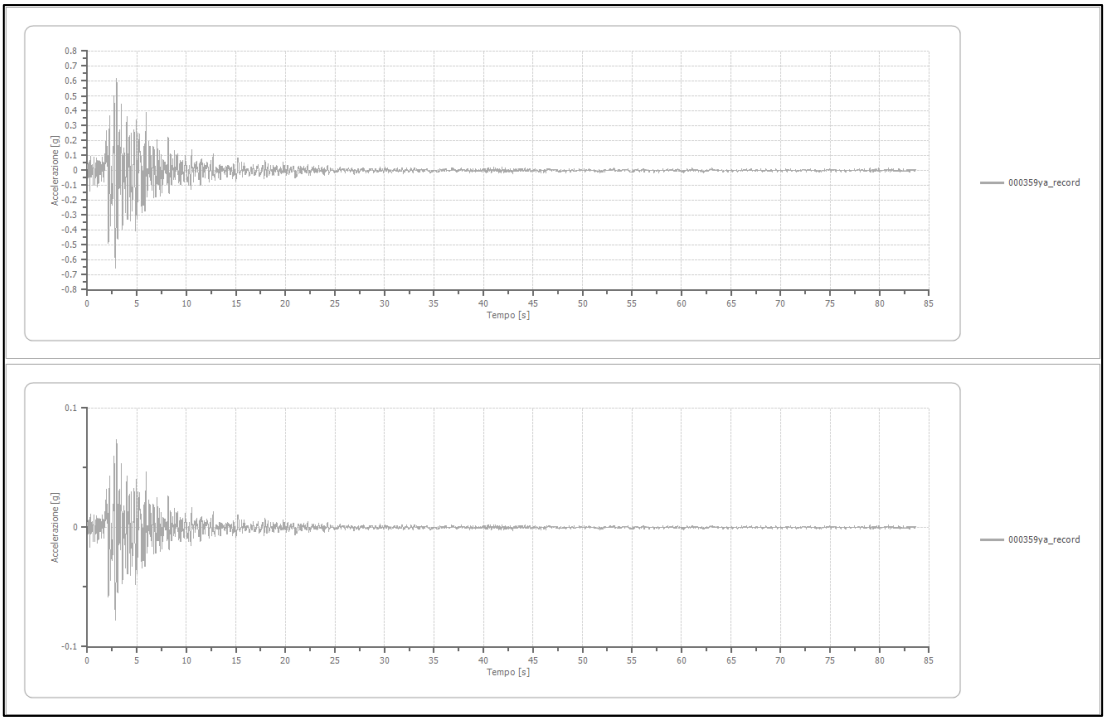


Figura 54: Accelerogramma 000359ya_record.

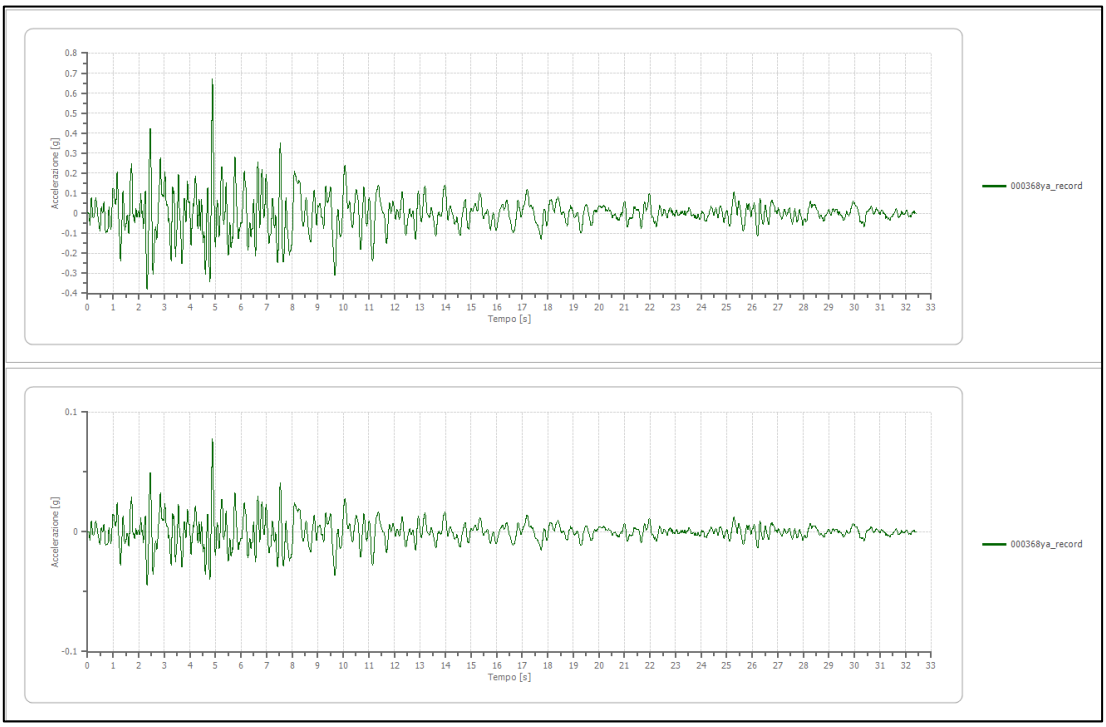


Figura 55: Accelerogramma 000368ya_record.

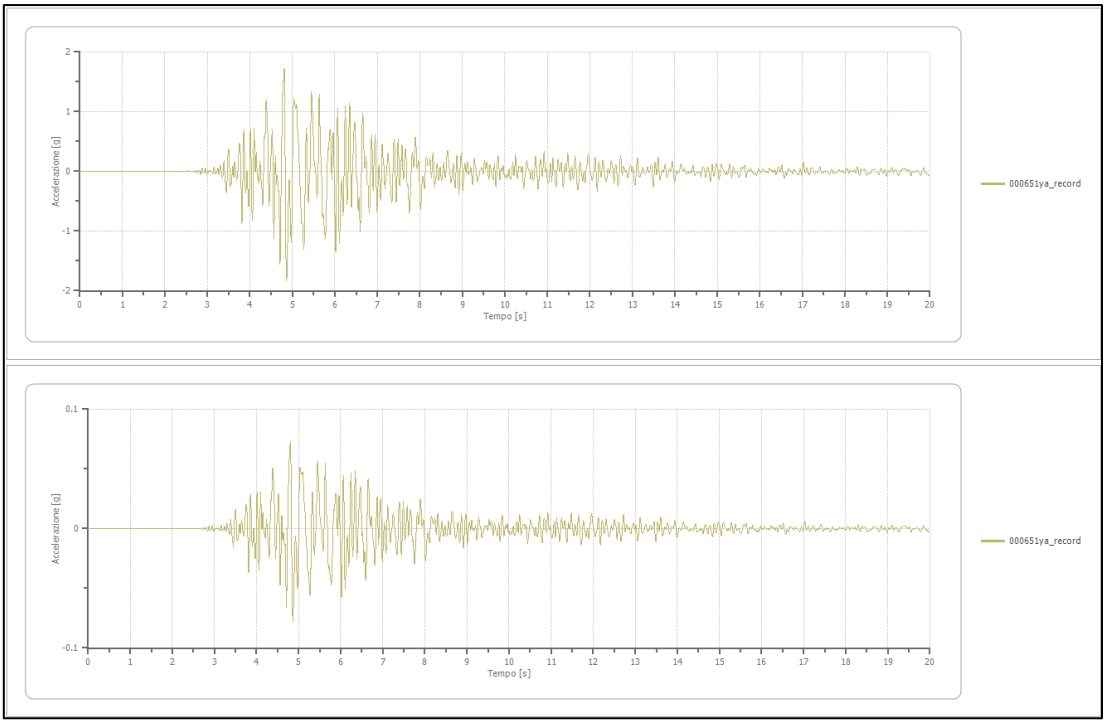


Figura 56: Accelerogramma 000651ya_record.

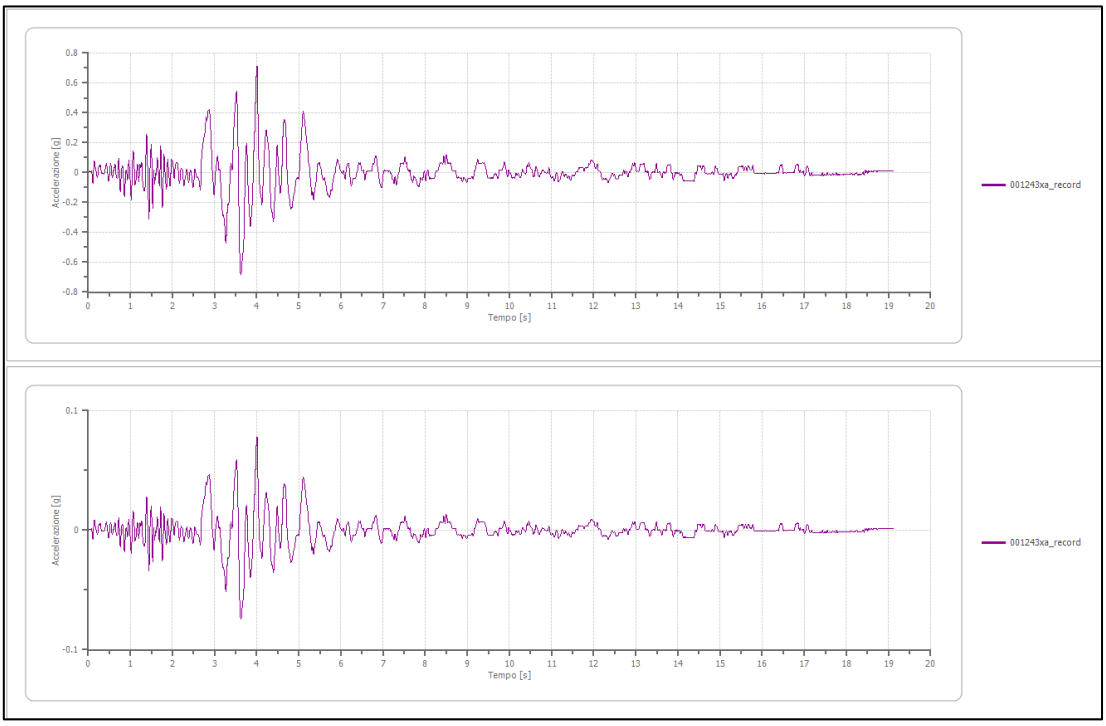


Figura 57: Accelerogramma 001243xa_record.

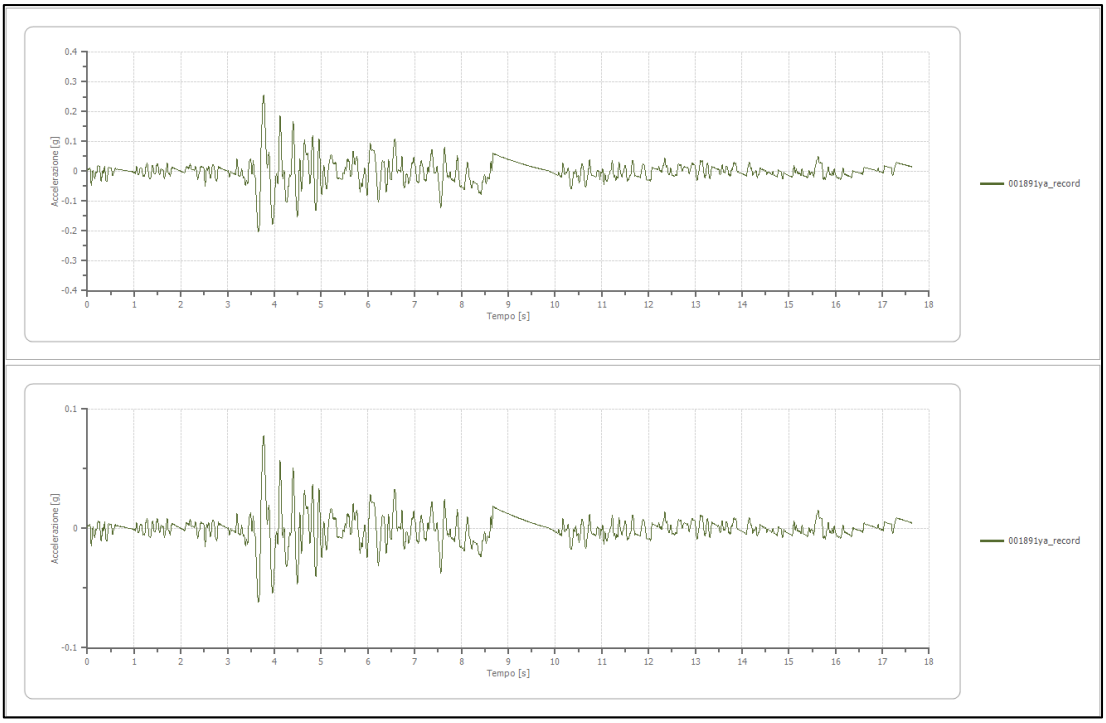


Figura 58: Accelerogramma 001891ya_record.

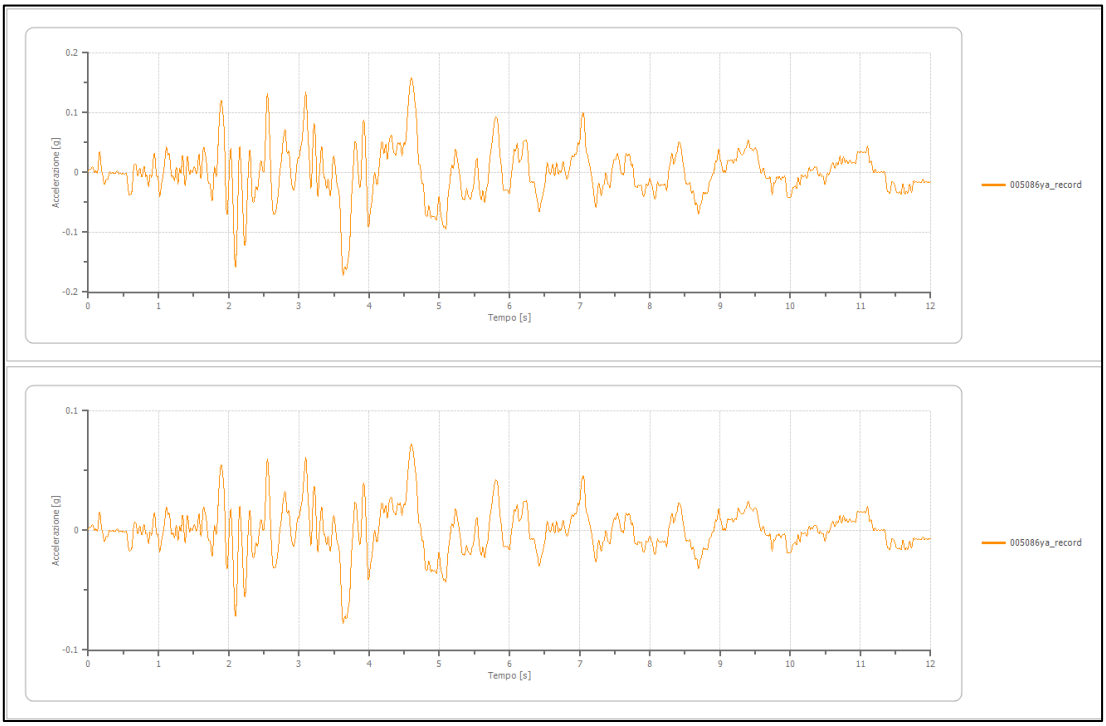


Figura 59: Accelerogramma 005086ya_record.

Risultati del modello

- **Elaborazione**

Numero di iterazioni 50

Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5

Tipo di modulo elastico Shake

Massimo errore percentuale di convergenza 7.76 E-04

- **Fattori di amplificazione ICMS 2018**

Tai	0.230 [s]
Tvi	1.450 [s]
Tao	0.230 [s]
Tvo	1.450 [s]
Sami	1.921 [m/s²]
Svmi	0.107 [m/s]
Samo	1.917 [m/s²]
Svmo	0.108 [m/s]
Fa	**0.998 [-]**
Fv	**1.014 [-]**
TB	0.118 [s]
TC	0.355 [s]
TD	1.869 [s]
SA(0)	0.067 [g]
SA(TB)	0.195 [g]

I **fattori di amplificazione** sono così determinati:

1) Si determina il periodo di massimo valore dello spettro medio di input TAi e dello spettro medio di output TAo;

2) Si ricavano i valori medi degli spettri di input (SAm,i) e di output (SAm,o) nell'intorno di TAi e di TAo come

$$SA_m = \frac{1}{TA}\int_{0.5TA}^{1.5TA} SA\ (T)dT$$

dove SA è lo spettro medio (SAi di input, SAo di output)

3) Si determinano i periodi proprio TVi e TVo per il quale sono massimi gli spettri di pseudovelocità

$$SV(T) = SA(T)\frac{T}{2\pi}$$

dove SV è lo spettro medio di pseudovelocità (SVi di input, SVo di output)

4) Si calcolano i valori medi degli spettri medi di pseudovelocità o nell'intorno di TVi e di TVo

$$SV_m = \frac{1}{0.4TV}\int_{0.8TV}^{1.2TV} SV\ (T)dT$$

dove SVi è lo spettro medio di pseudovelocità di input ed SVo è lo spettro medio pi pseudovelocità di output.

5) Il valore di FA è pari a

$$FA = \frac{SA_{m,o}}{SA_{m,i}}$$

6) Il valore di FV è pari a

$$FV = \frac{SV_{m,o}}{SV_{m,i}}$$

Per determinare i valori dello spettronormalizzato valgono le seguenti relazioni:

Periodo TC:

$$T_c = \frac{SV_{m,i}FV}{SA_{m,i}FA}$$

Periodo TB:

$$T_B = \frac{1}{3}T_C$$

Valori dello spettro in 0 e in TB

$$SA(0) = SA_i(0) * FA$$
$$SA(T_B) = SA_{m,i} * FA$$

Il ramo dello spettro ad accelerazione spettrale costante, tra TB e TC, ha ordinata pari a SAm,i*FA

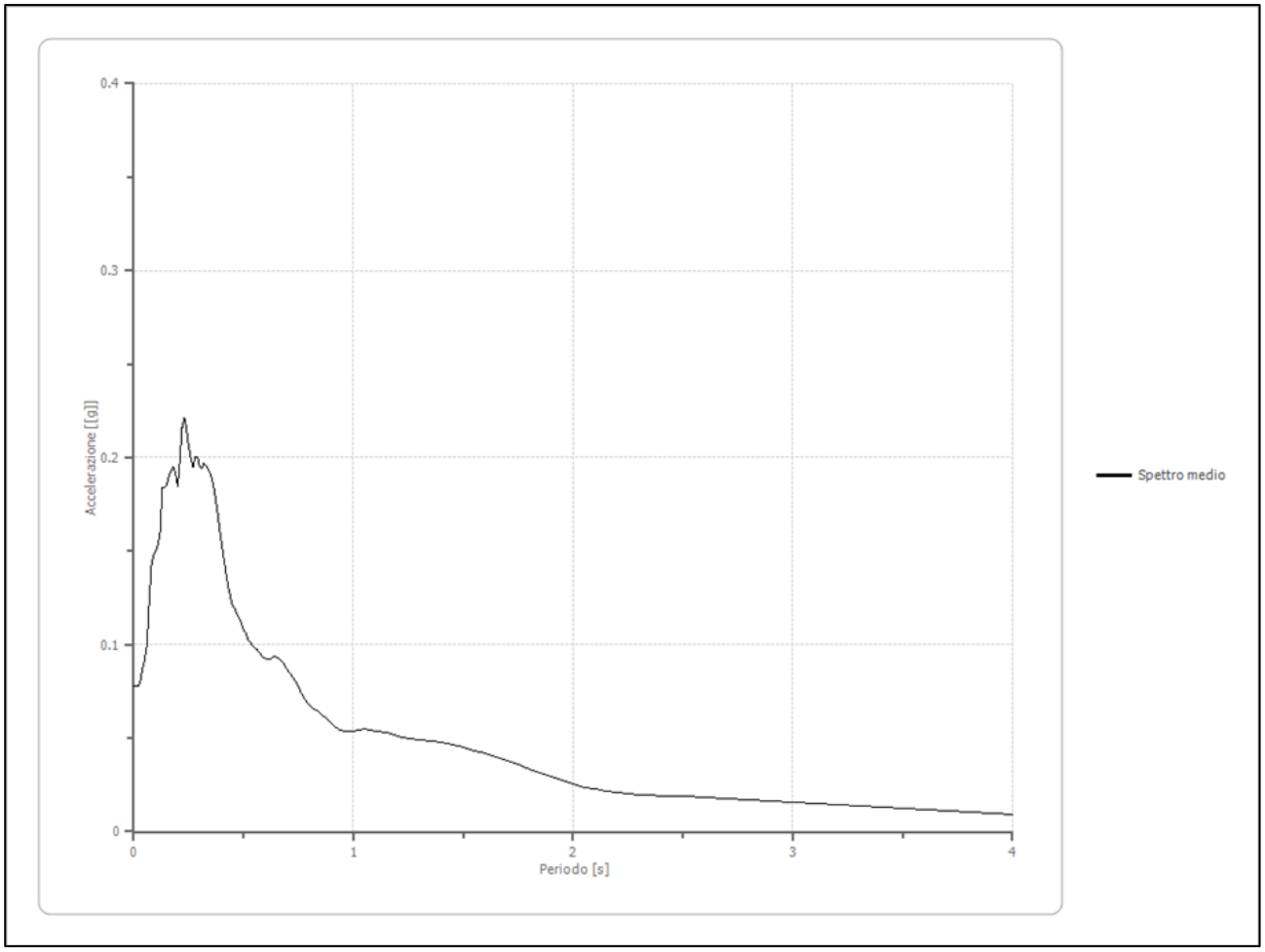
Il ramo dello spettro a velocità costante (T>TC) ha ordinate pari a SAm,i*FA*(TC/T)

- **Fattori di amplificazione su intensità spettrale**

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.030	0.030	0.200	0.996
0.400	0.800	0.038	0.037	0.500	0.995
0.700	1.100	0.037	0.036	0.636	0.987
0.500	1.500	0.097	0.097	0.333	1.001

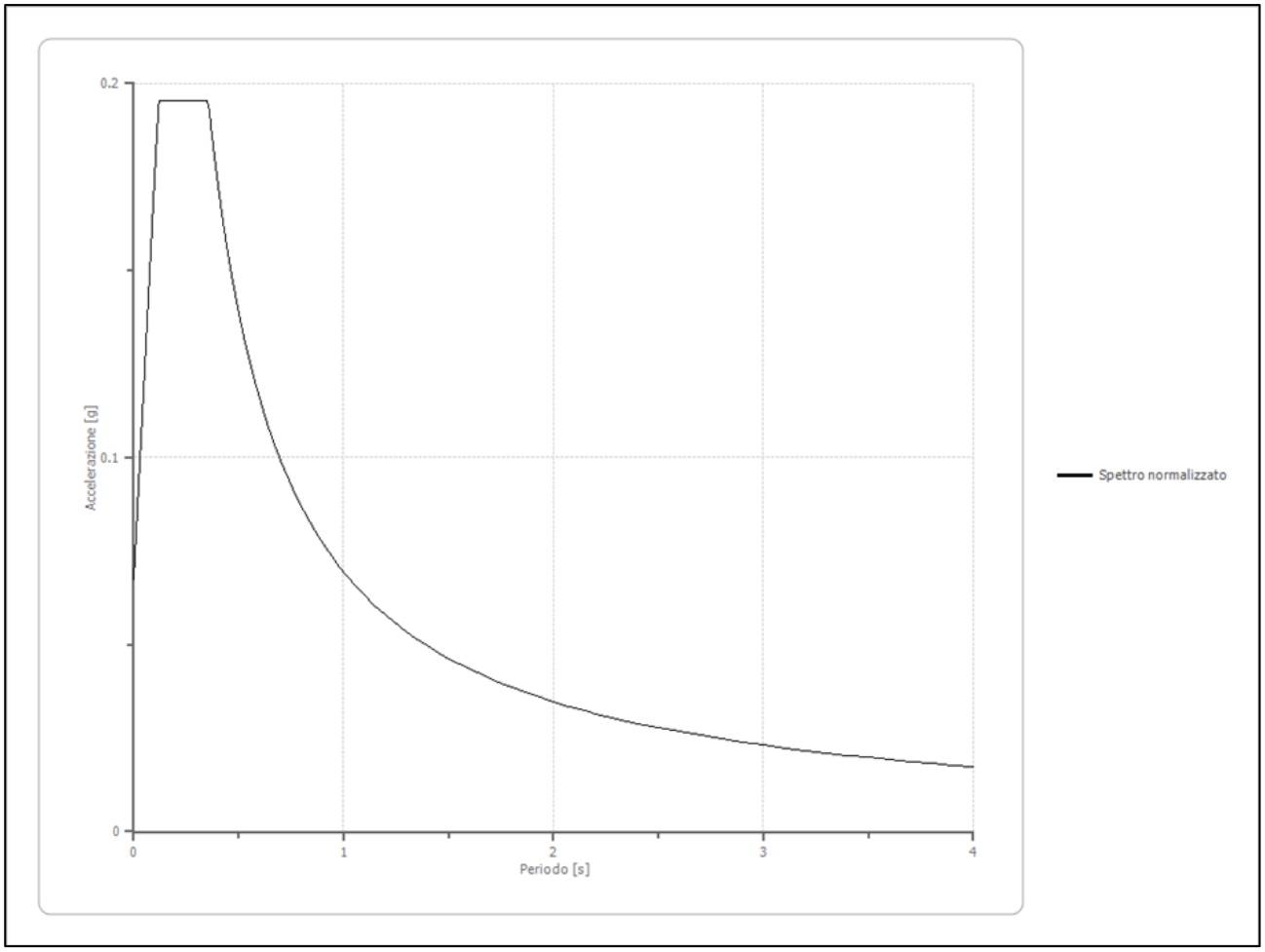
- **Spettro medio di risposta elastico**

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.0781	0.26	0.1988	0.52	0.1027	0.98	0.0535	2.25	0.0202
0.01	0.0781	0.27	0.1950	0.53	0.1016	1.00	0.0538	2.30	0.0198
0.02	0.0781	0.28	0.2002	0.54	0.0996	1.05	0.0551	2.35	0.0195
0.03	0.0803	0.29	0.2001	0.55	0.0984	1.10	0.0535	2.40	0.0192
0.04	0.0869	0.30	0.1949	0.56	0.0973	1.15	0.0528	2.50	0.0189
0.05	0.0921	0.31	0.1942	0.57	0.0961	1.20	0.0508	2.60	0.0186
0.06	0.1001	0.32	0.1971	0.58	0.0942	1.25	0.0499	2.70	0.0179
0.07	0.1222	0.33	0.1955	0.60	0.0921	1.30	0.0489	2.80	0.0171
0.08	0.1418	0.34	0.1928	0.62	0.0922	1.35	0.0486	2.90	0.0165
0.09	0.1479	0.35	0.1909	0.64	0.0937	1.40	0.0479	3.00	0.0157
0.10	0.1502	0.36	0.1865	0.66	0.0930	1.45	0.0465	3.10	0.0151
0.11	0.1532	0.37	0.1800	0.68	0.0903	1.50	0.0449	3.20	0.0144
0.12	0.1603	0.38	0.1719	0.70	0.0863	1.55	0.0433	3.30	0.0137
0.13	0.1840	0.39	0.1622	0.72	0.0834	1.60	0.0418	3.40	0.0130
0.14	0.1842	0.40	0.1542	0.74	0.0796	1.65	0.0401	3.50	0.0125
0.15	0.1855	0.41	0.1462	0.76	0.0747	1.70	0.0380	3.60	0.0118
0.16	0.1907	0.42	0.1384	0.78	0.0704	1.75	0.0358	3.70	0.0112
0.17	0.1930	0.43	0.1312	0.80	0.0674	1.80	0.0337	3.80	0.0105
0.18	0.1951	0.44	0.1255	0.82	0.0653	1.85	0.0315	3.90	0.0098
0.19	0.1917	0.45	0.1207	0.84	0.0639	1.90	0.0295	4.00	0.0091
0.20	0.1849	0.46	0.1191	0.86	0.0622	1.95	0.0275		
0.21	0.1991	0.47	0.1163	0.88	0.0601	2.00	0.0256		
0.22	0.2163	0.48	0.1141	0.90	0.0574	2.05	0.0238		
0.23	0.2212	0.49	0.1113	0.92	0.0554	2.10	0.0227		
0.24	0.2152	0.50	0.1081	0.94	0.0543	2.15	0.0218		
0.25	0.2061	0.51	0.1058	0.96	0.0534	2.20	0.0208		


0.4
0.3
0.2
0.1
0
Accelerazione [[g]]
0
1
2
3
4
Periodo [s]
Spettro medio

- **Spettro normalizzato di risposta elastico**

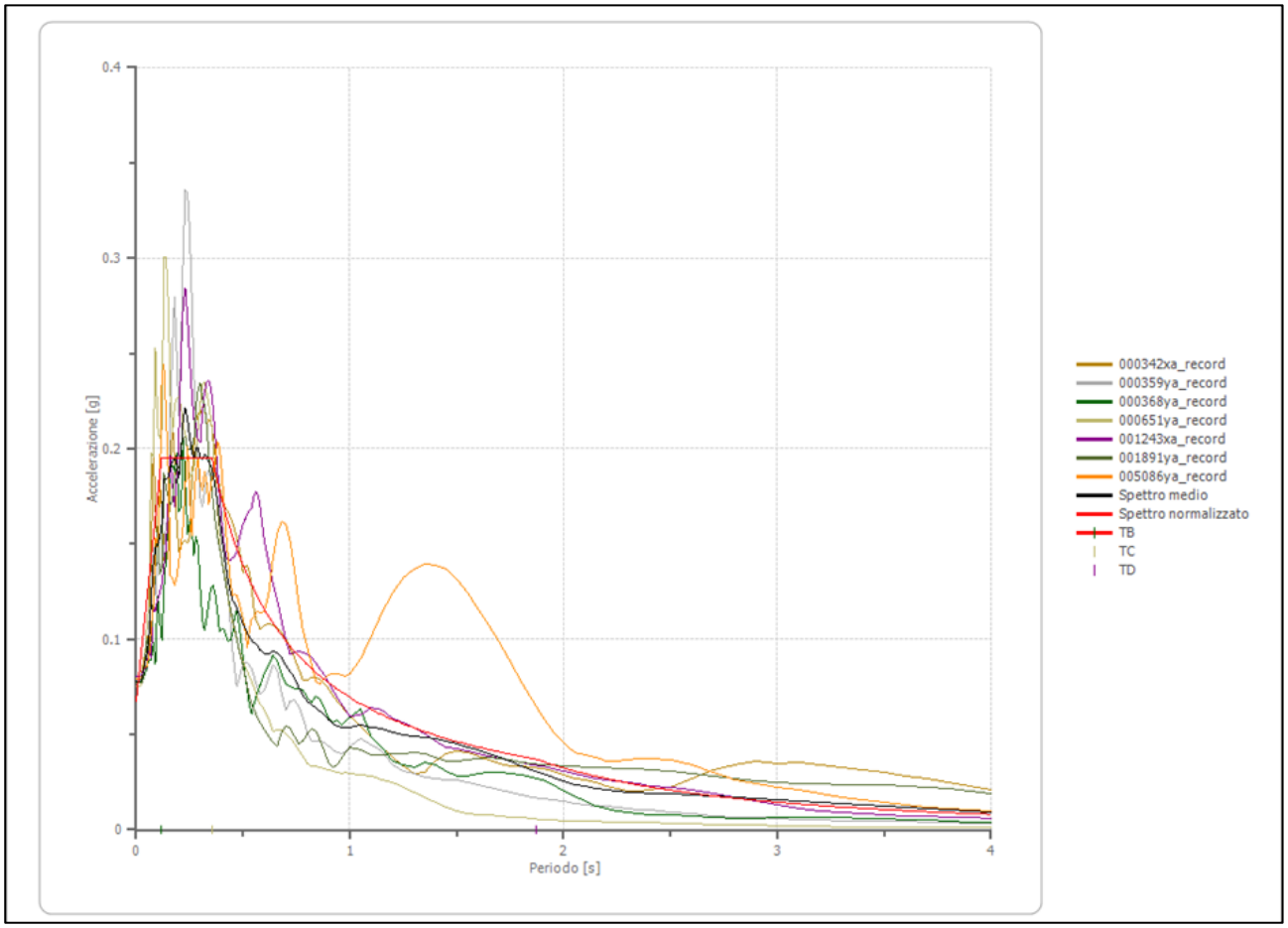
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.0673	0.26	0.1954	0.52	0.1336	0.98	0.0709	2.25	0.0309
0.01	0.0781	0.27	0.1954	0.53	0.1310	1.00	0.0694	2.30	0.0302
0.02	0.0889	0.28	0.1954	0.54	0.1286	1.05	0.0661	2.35	0.0296
0.03	0.0997	0.29	0.1954	0.55	0.1263	1.10	0.0631	2.40	0.0289
0.04	0.1105	0.30	0.1954	0.56	0.1240	1.15	0.0604	2.50	0.0278
0.05	0.1214	0.31	0.1954	0.57	0.1218	1.20	0.0579	2.60	0.0267
0.06	0.1322	0.32	0.1954	0.58	0.1197	1.25	0.0556	2.70	0.0257
0.07	0.1430	0.33	0.1954	0.60	0.1157	1.30	0.0534	2.80	0.0248
0.08	0.1538	0.34	0.1954	0.62	0.1120	1.35	0.0514	2.90	0.0239
0.09	0.1646	0.35	0.1954	0.64	0.1085	1.40	0.0496	3.00	0.0231
0.10	0.1754	0.36	0.1929	0.66	0.1052	1.45	0.0479	3.10	0.0224
0.11	0.1863	0.37	0.1877	0.68	0.1021	1.50	0.0463	3.20	0.0217
0.12	0.1954	0.38	0.1828	0.70	0.0992	1.55	0.0448	3.30	0.0210
0.13	0.1954	0.39	0.1781	0.72	0.0965	1.60	0.0434	3.40	0.0204
0.14	0.1954	0.40	0.1736	0.74	0.0938	1.65	0.0421	3.50	0.0198
0.15	0.1954	0.41	0.1694	0.76	0.0914	1.70	0.0409	3.60	0.0193
0.16	0.1954	0.42	0.1653	0.78	0.0890	1.75	0.0397	3.70	0.0188
0.17	0.1954	0.43	0.1615	0.80	0.0868	1.80	0.0386	3.80	0.0183
0.18	0.1954	0.44	0.1578	0.82	0.0847	1.85	0.0375	3.90	0.0178
0.19	0.1954	0.45	0.1543	0.84	0.0827	1.90	0.0366	4.00	0.0174
0.20	0.1954	0.46	0.1510	0.86	0.0808	1.95	0.0356		
0.21	0.1954	0.47	0.1478	0.88	0.0789	2.00	0.0347		
0.22	0.1954	0.48	0.1447	0.90	0.0772	2.05	0.0339		
0.23	0.1954	0.49	0.1417	0.92	0.0755	2.10	0.0331		
0.24	0.1954	0.50	0.1389	0.94	0.0739	2.15	0.0323		
0.25	0.1954	0.51	0.1362	0.96	0.0723	2.20	0.0316		



- **Parametri spettro normalizzato**

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.067	2.904092	--	0.118	0.355	1.869	0.067	0.195	1.051

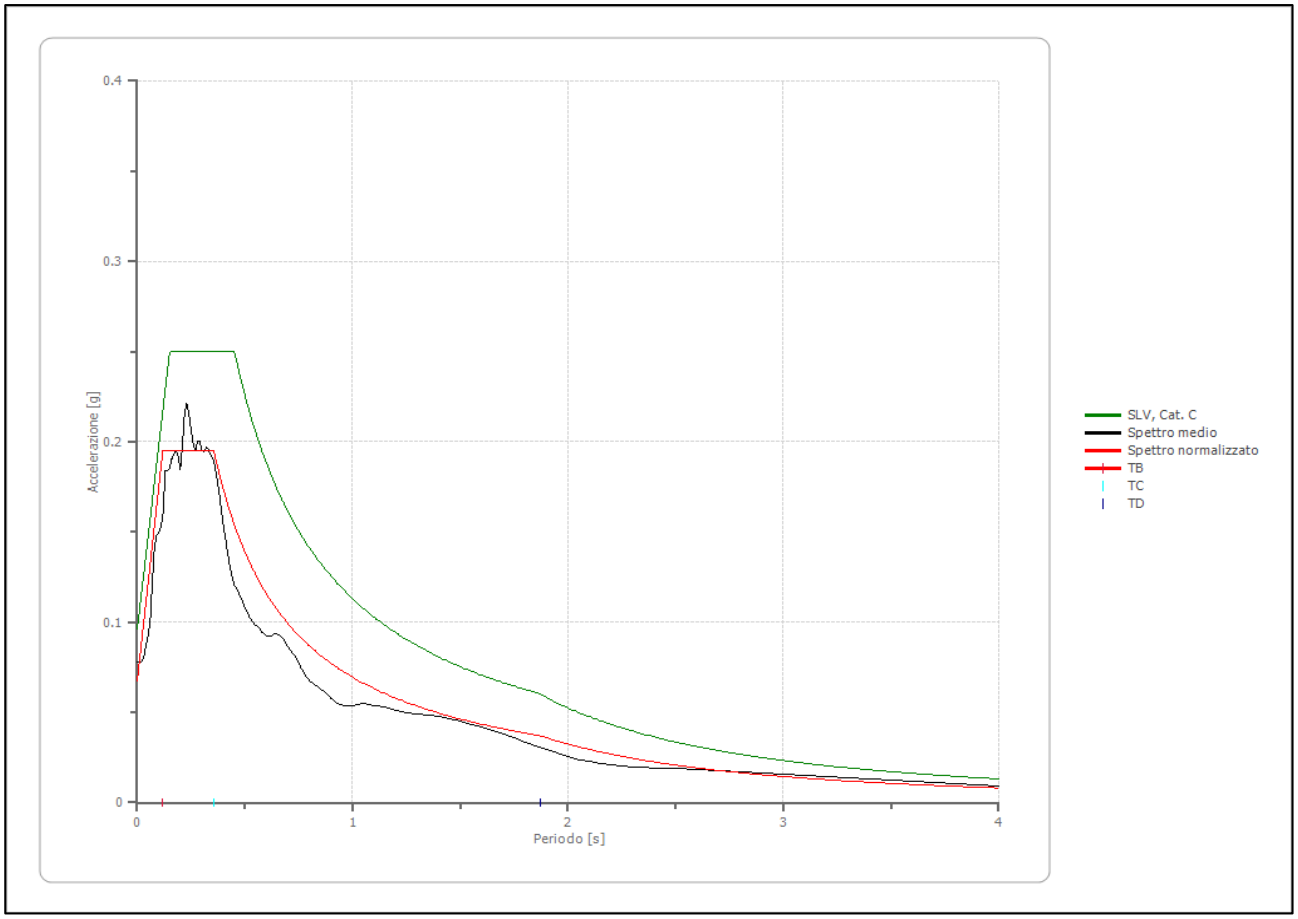
- **Confronto tra gli spettri**



- **Confronto spettro normativa**

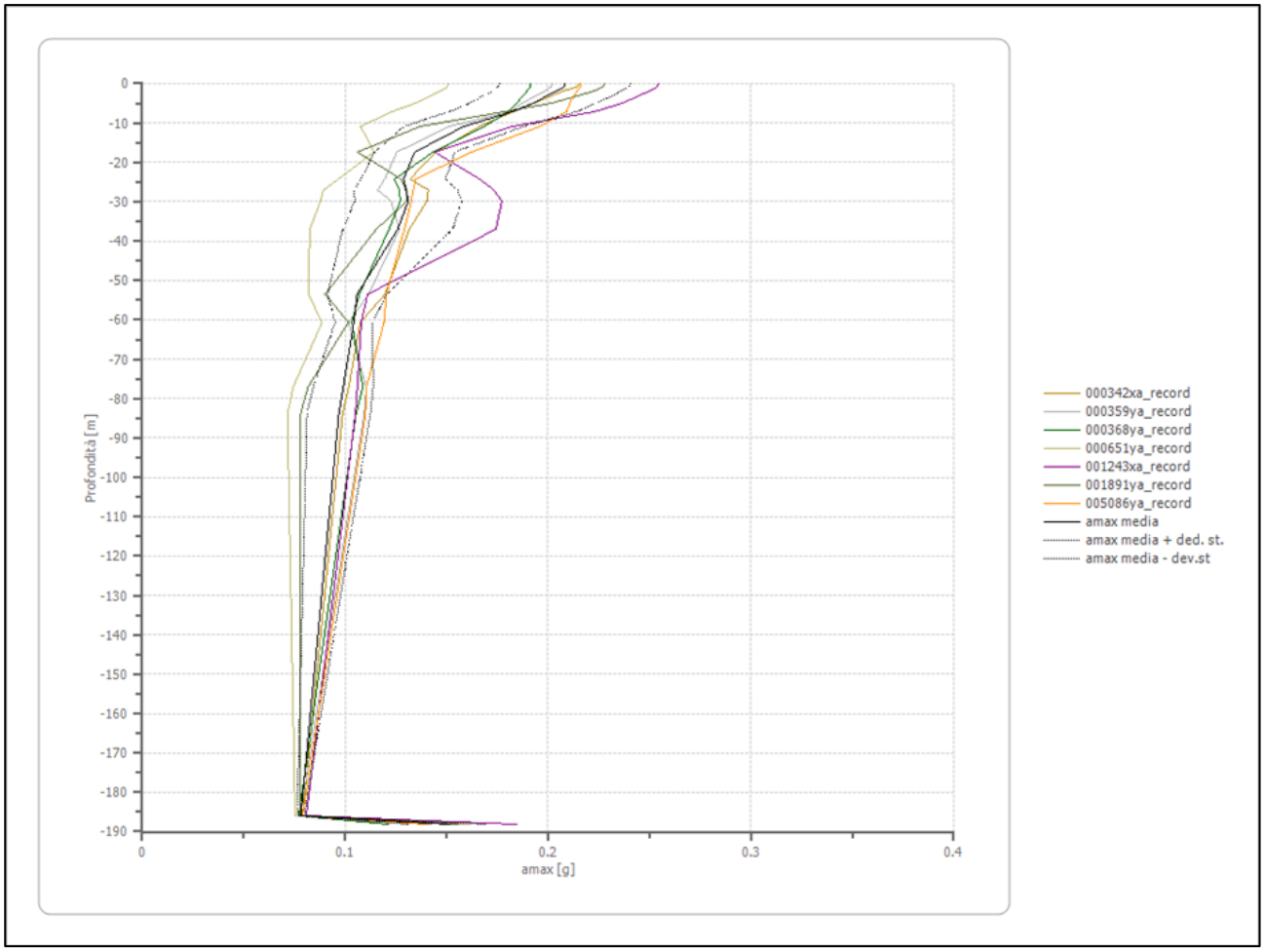
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	30	50	475	975
ag [g]	0.023	0.029	0.064	0.081
Fo	2.535	2.526	2.604	2.617
Tc* [s]	0.181	0.204	0.284	0.294
Ss	1.50	1.50	1.50	1.50
St	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.85	1.77	1.59	1.57
TB [s]	0.111	0.121	0.151	0.154
TC [s]	0.334	0.362	0.452	0.462
TD [s]	1.692	1.716	1.856	1.924
Se(0) [g]	0.035	0.044	0.096	0.122
Se(TB) [g]	0.087	0.110	0.250	0.318



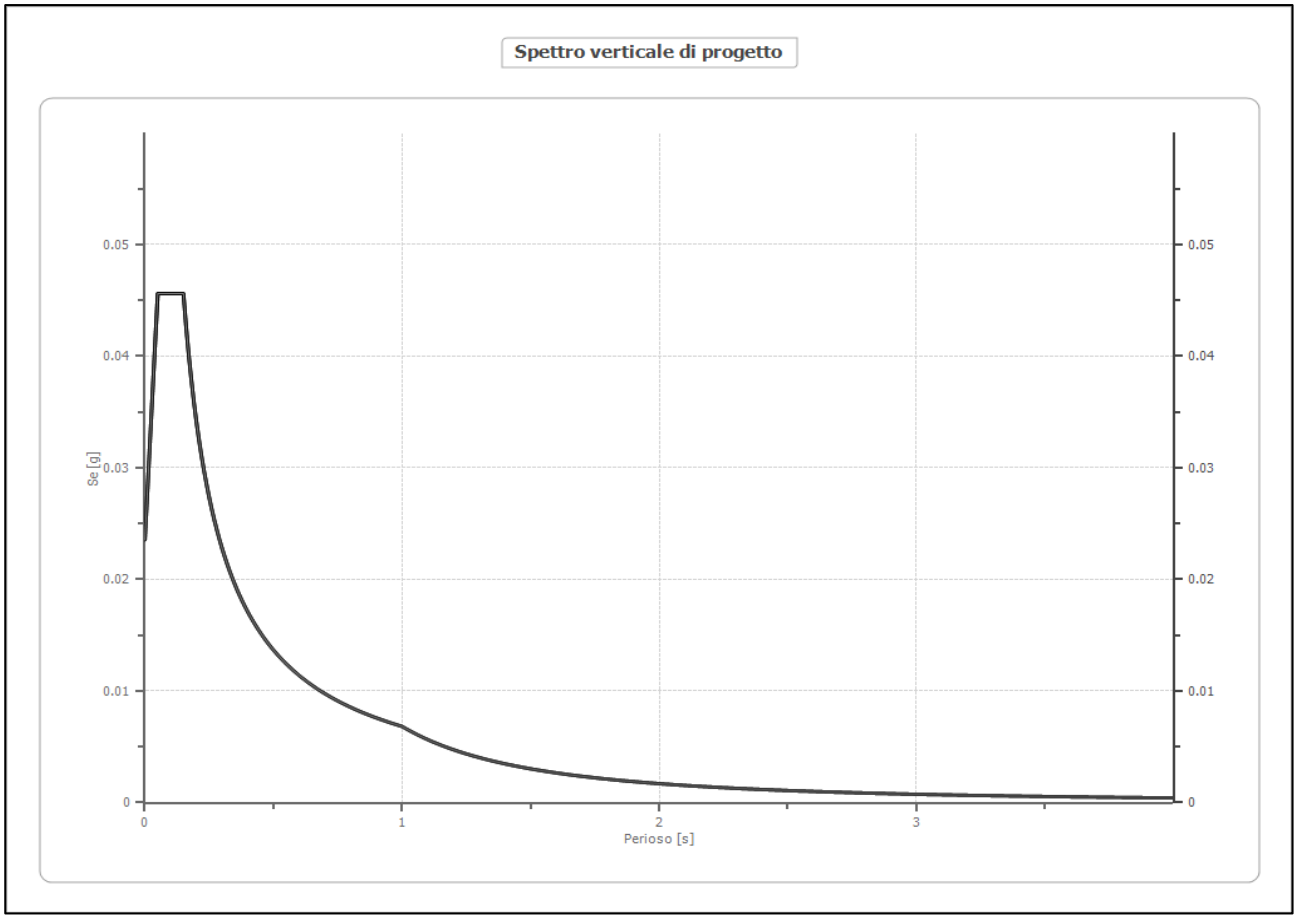
- **Profilo a max**

	0.0 [m]	0.8 [m]	2.0 [m]	5.0 [m]	7.0 [m]	10.8 [m]	17.5 [m]	24.3 [m]	27.2 [m]	30.0 [m]	37.0 [m]	53.5 [m]	60.5 [m]	77.0 [m]	84.0 [m]	186.0 [m]	188.0 [m]
000342xa_record [g]	0.216	0.214	0.208	0.193	0.183	0.166	0.145	0.132	0.141	0.140	0.132	0.120	0.107	0.102	0.099	0.079	0.153
000359ya_record [g]	0.202	0.201	0.199	0.187	0.181	0.151	0.125	0.120	0.116	0.123	0.127	0.112	0.102	0.110	0.109	0.078	0.142
000368ya_record [g]	0.191	0.191	0.190	0.185	0.181	0.169	0.143	0.124	0.127	0.127	0.122	0.107	0.103	0.109	0.105	0.077	0.121
000651ya_record [g]	0.151	0.150	0.147	0.135	0.123	0.108	0.114	0.097	0.089	0.088	0.083	0.082	0.089	0.074	0.072	0.075	0.162
001243xa_record [g]	0.254	0.254	0.250	0.237	0.223	0.183	0.144	0.166	0.173	0.177	0.174	0.111	0.108	0.106	0.105	0.081	0.184
001891ya_record [g]	0.228	0.227	0.223	0.202	0.178	0.137	0.106	0.127	0.130	0.130	0.115	0.090	0.102	0.082	0.078	0.078	0.156
005086ya_record [g]	0.216	0.216	0.214	0.211	0.209	0.196	0.162	0.135	0.133	0.133	0.129	0.120	0.119	0.110	0.110	0.079	0.140
media [g]	0.208	0.208	0.204	0.193	0.183	0.158	0.134	0.129	0.130	0.131	0.126	0.106	0.104	0.099	0.097	0.078	0.151
Dev. St. [g]	0.032	0.032	0.032	0.031	0.031	0.030	0.020	0.021	0.025	0.026	0.027	0.015	0.009	0.015	0.016	0.002	0.020



- **Spettro verticale di progetto**

Ag [g]	F0	Tc*	Fv	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.067	2.904	0.150	1.017	1.5	0.050	0.150	1.000	0.024	0.046


Spettro verticale di progetto
Se [g]
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
0
1
2
3
Perioso [s]

9.7.5 MODELLO REALIZZATO CON GLI ACCELEROGRAMMI ALLO SLC

Accelerogrammi importati da Rexel V3.5

Nelle immagini seguenti si riportano gli accelerogrammi trasportati da rexel v3.5.

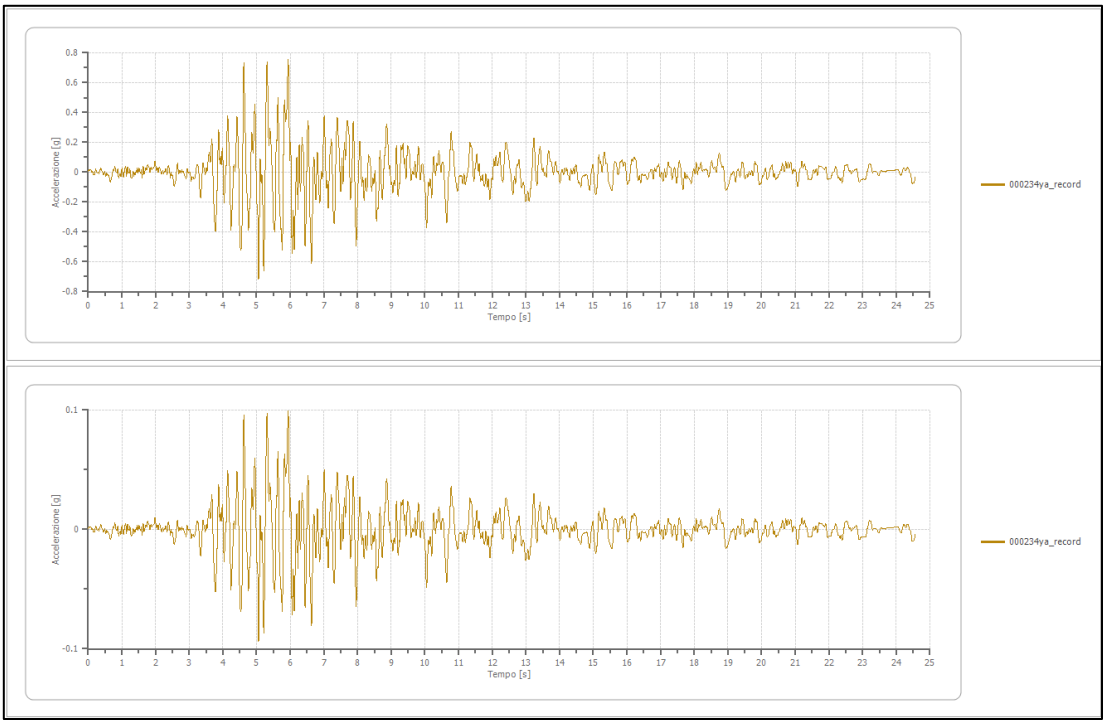


Figura 60: Accelerogramma 000234ya_record.

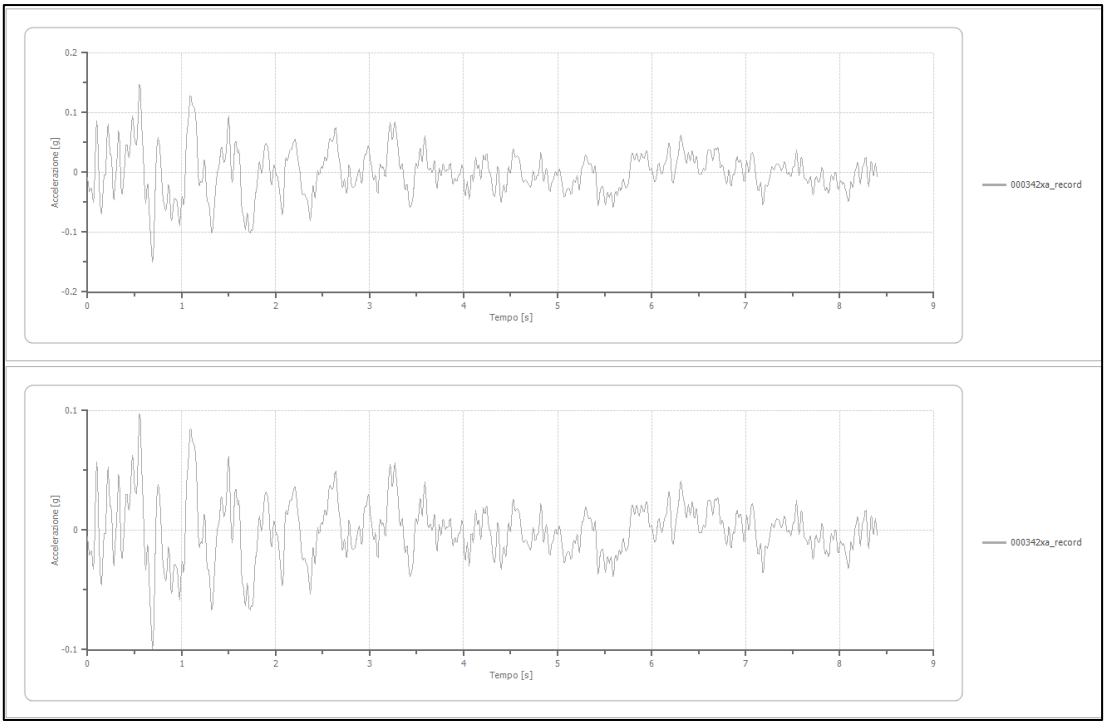


Figura 61: Accelerogramma 000342xa_record.

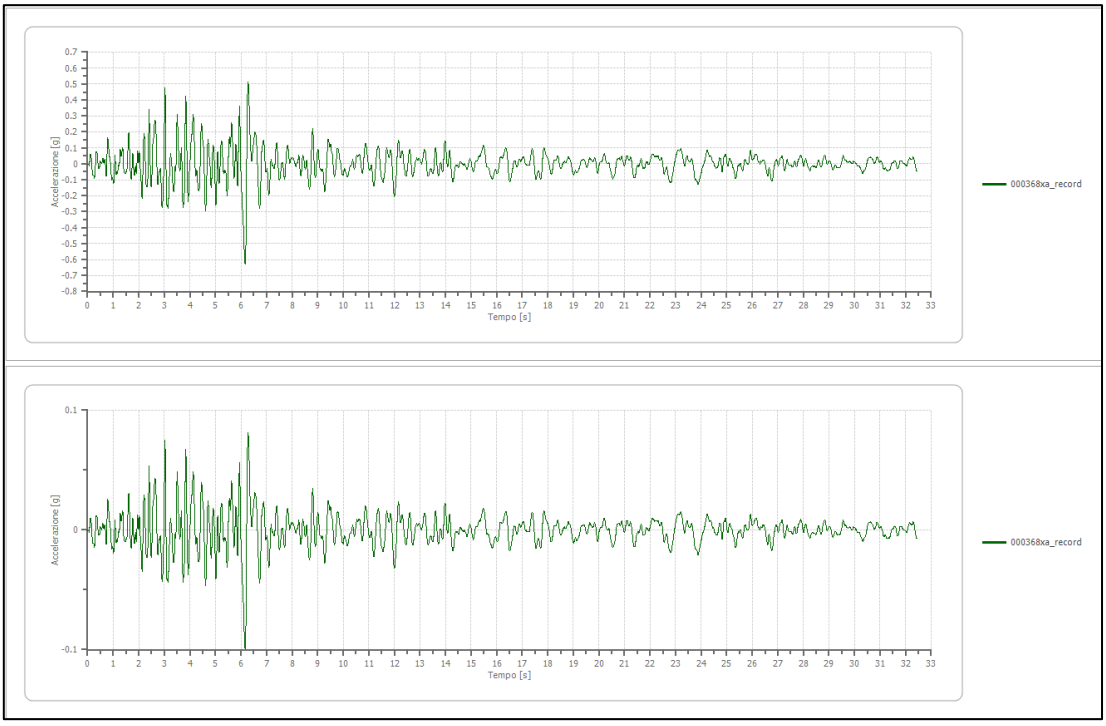


Figura 62: Accelerogramma 000368xa_record.

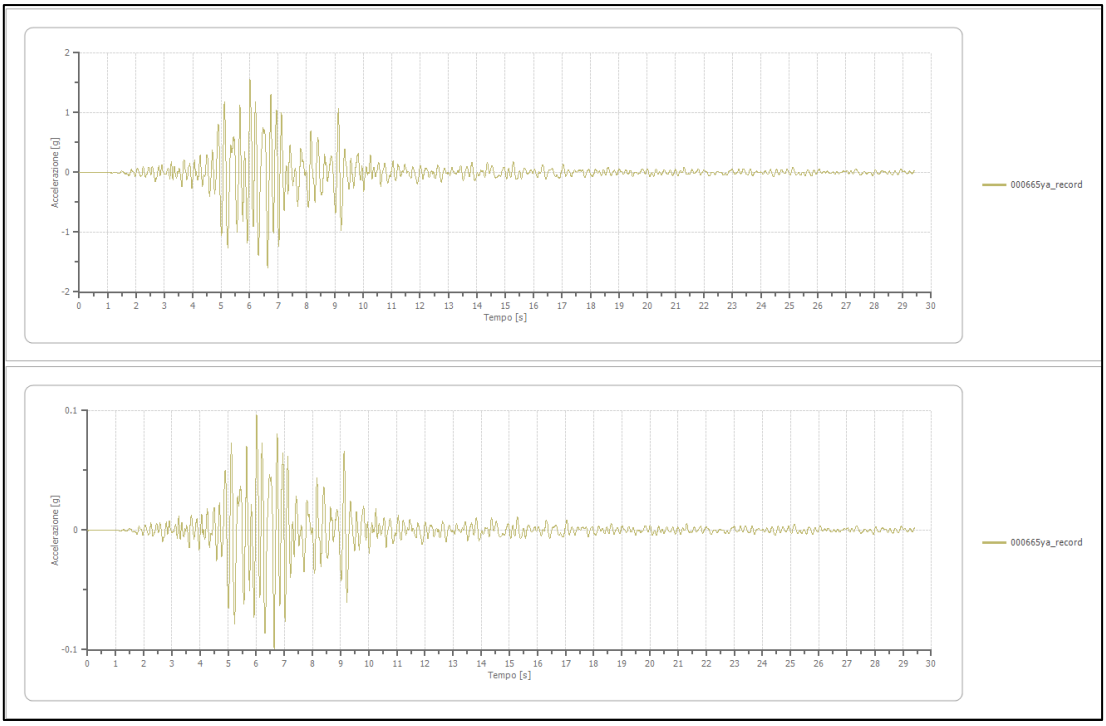


Figura 63: Accelerogramma 000665ya_record.

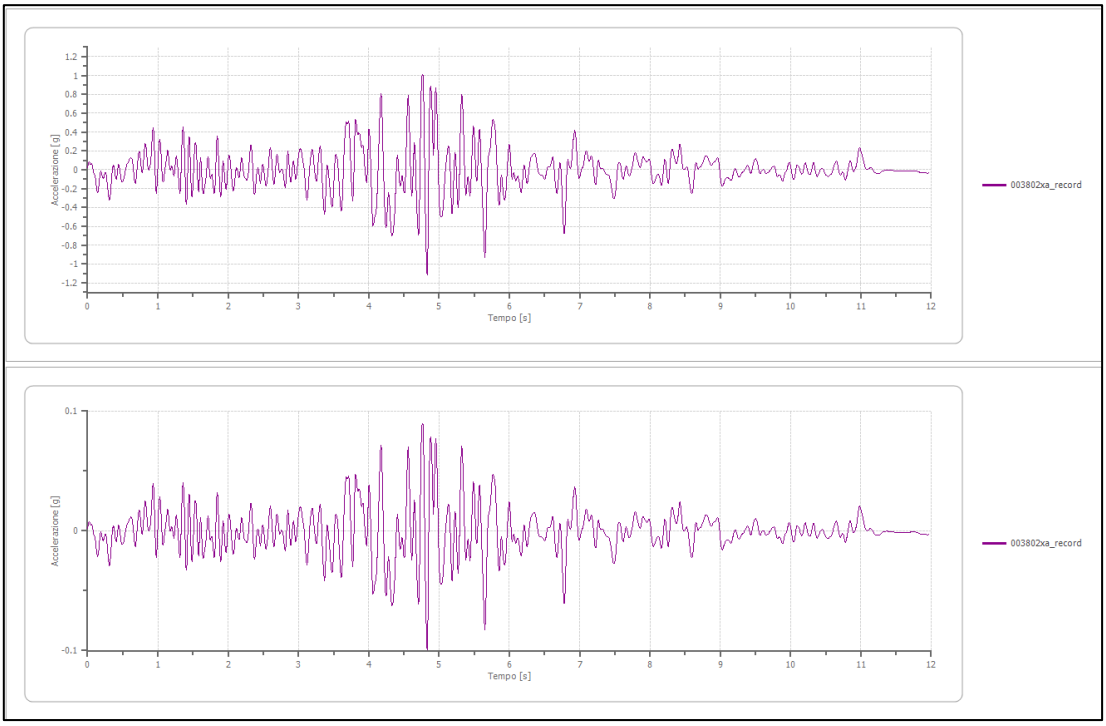


Figura 64: Accelerogramma 003802xa_record.

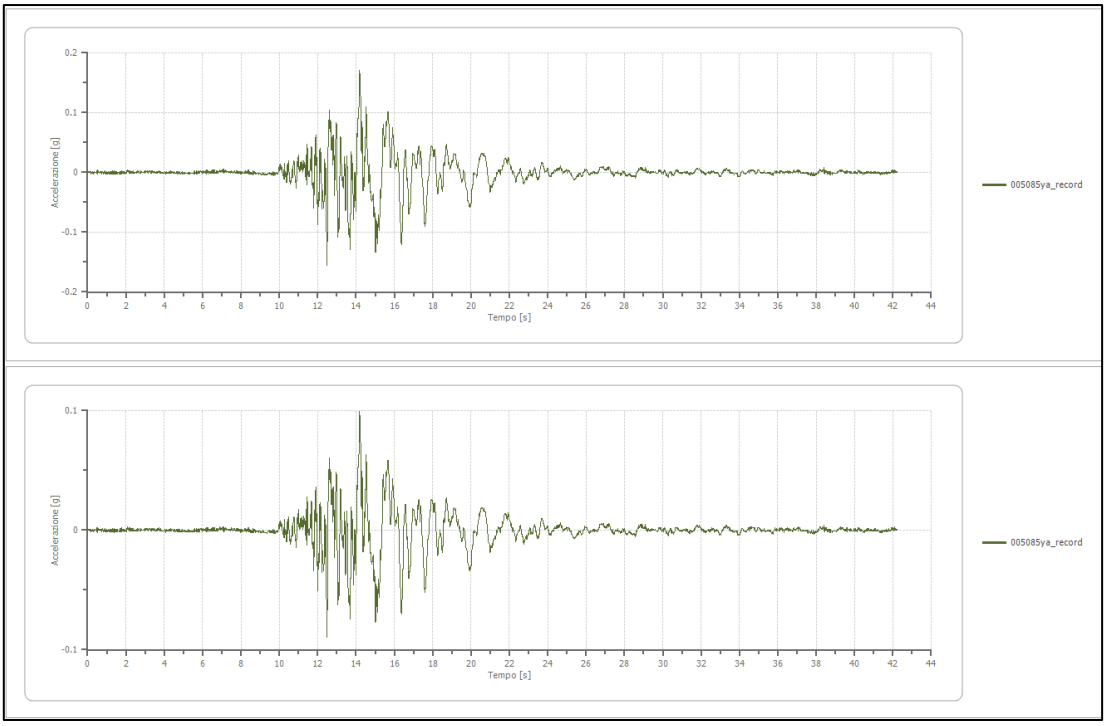


Figura 65: Accelerogramma 005085ya_record.

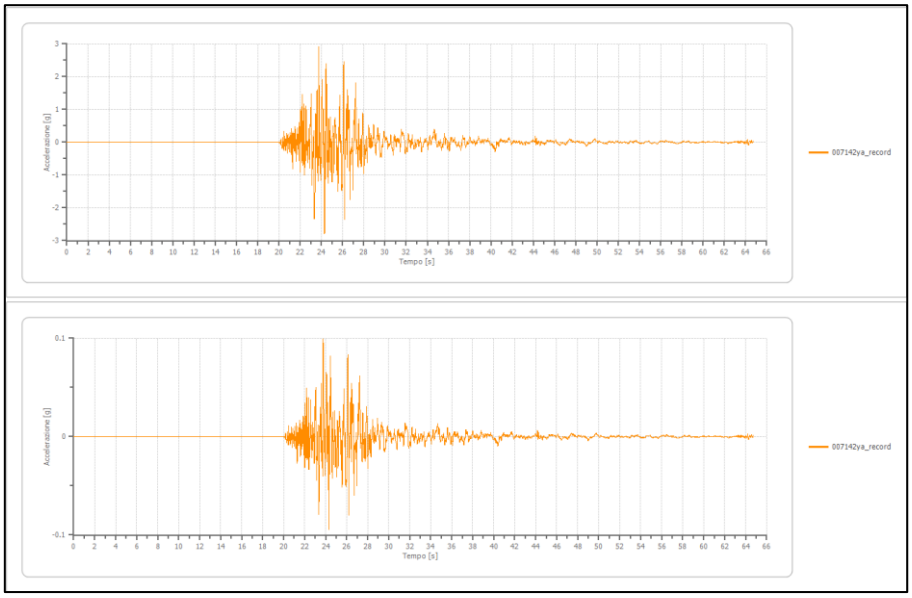


Figura 66: Accelerogramma 007142ya_record.

Risultati del modello

- **Elaborazione**

Numero di iterazioni 50

Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5

Tipo di modulo elastico Shake

Massimo errore percentuale di convergenza 5.43 E-04

- **Fattori di amplificazione ICMS 2018**

Tai	0.180 [s]
Tvi	1.450 [s]
Tao	0.180 [s]
Tvo	1.450 [s]
Sami	2.442 [m/s²]
Svmi	0.153 [m/s]
Samo	2.300 [m/s²]
Svmo	0.155 [m/s]
Fa	**0.942 [-]**
Fv	**1.013 [-]**
TB	0.141 [s]
TC	0.422 [s]
TD	1.931 [s]
SA(0)	0.083 [g]
SA(TB)	0.234 [g]

I **fattori di amplificazione** sono così determinati:

1) Si determina il periodo di massimo valore dello spettro medio di input TAi e dello spettro medio di output TAo;

2) Si ricavano i valori medi degli spettri di input (SAm,i) e di output (SAm,o) nell'intorno di TAi e di TAo come

$$SA_m = \frac{1}{TA}\int_{0.5TA}^{1.5TA} SA\ (T)dT$$

dove SA è lo spettro medio (SAi di input, SAo di output)

3) Si determinano i periodi proprio TVi e TVo per il quale sono massimi gli spettri di pseudovelocità

$$SV(T) = SA(T)\frac{T}{2\pi}$$

dove SV è lo spettro medio di pseudovelocità (SVi di input, SVo di output)

4) Si calcolano i valori medi degli spettri medi di pseudovelocità o nell'intorno di TVi e di TVo

$$SV_m = \frac{1}{0.4TV}\int_{0.8TV}^{1.2TV} SV\ (T)dT$$

dove SVi è lo spettro medio di pseudovelocità di input ed SVo è lo spettro medio pi pseudovelocità di output.

5) Il valore di FA è pari a

$$FA = \frac{SA_{m,o}}{SA_{m,i}}$$

6) Il valore di FV è pari a

$$FV = \frac{SV_{m,o}}{SV_{m.i}}$$

Per determinare i valori dello spettronormalizzato valgono le seguenti relazioni:

Periodo TC:

$$T_c = \frac{SV_{m,i}FV}{SA_{m,i}FA}$$

Periodo TB:

$$T_B = \frac{1}{3}T_C$$

Valori dello spettro in 0 e in TB

$$SA(0) = SA_i(0) * FA$$
$$SA(T_B) = SA_{m,i} * FA$$

Il ramo dello spettro ad accelerazione spettrale costante, tra TB e TC, ha ordinata pari a SAm,i*FA

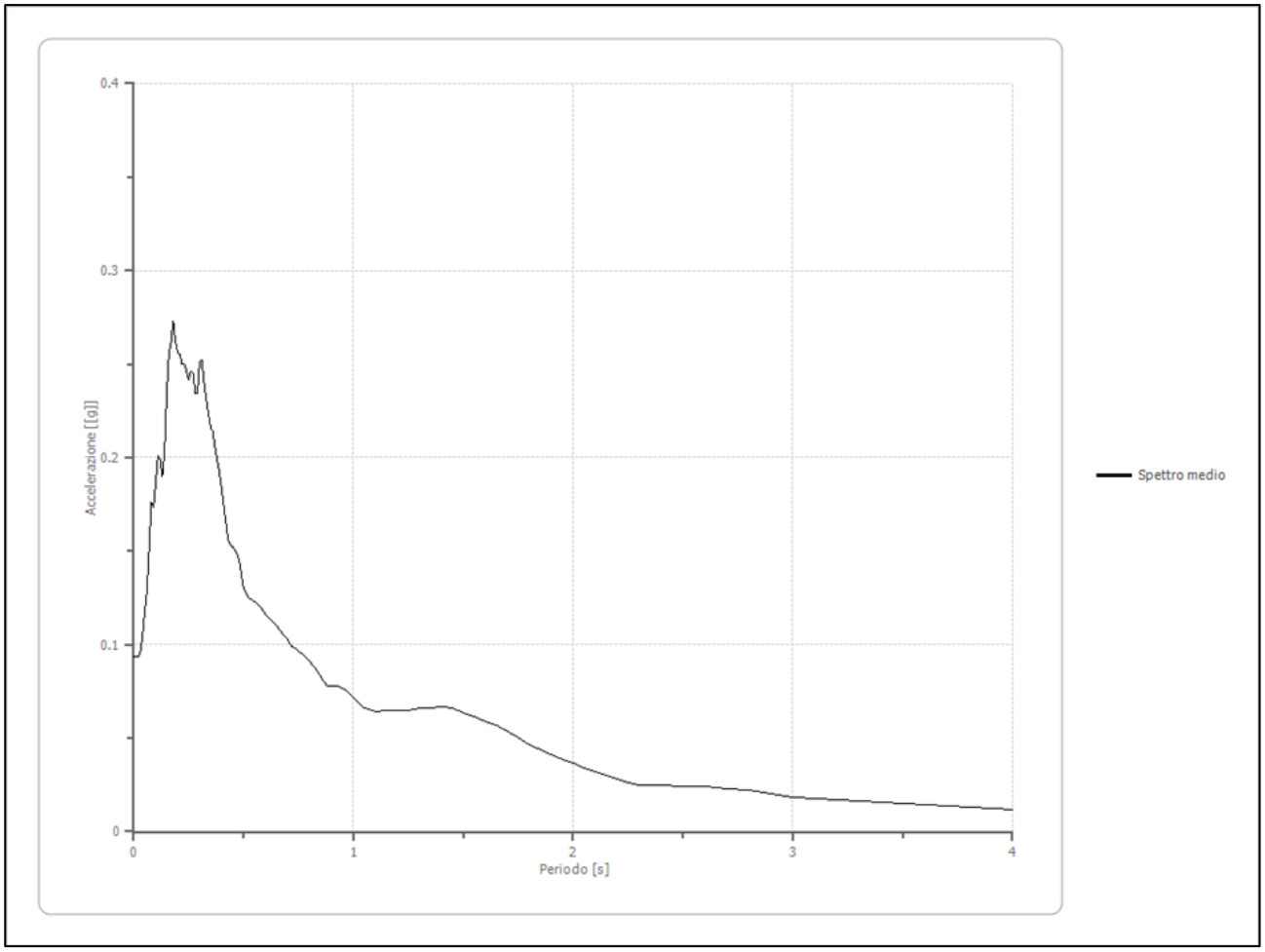
Il ramo dello spettro a velocità costante (T>TC) ha ordinate pari a SAm,i*FA*(TC/T)

- **Fattori di amplificazione su intensità spettrale**

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.039	0.037	0.200	0.946
0.400	0.800	0.048	0.046	0.500	0.954
0.700	1.100	0.047	0.046	0.636	0.967
0.500	1.500	0.129	0.127	0.333	0.985

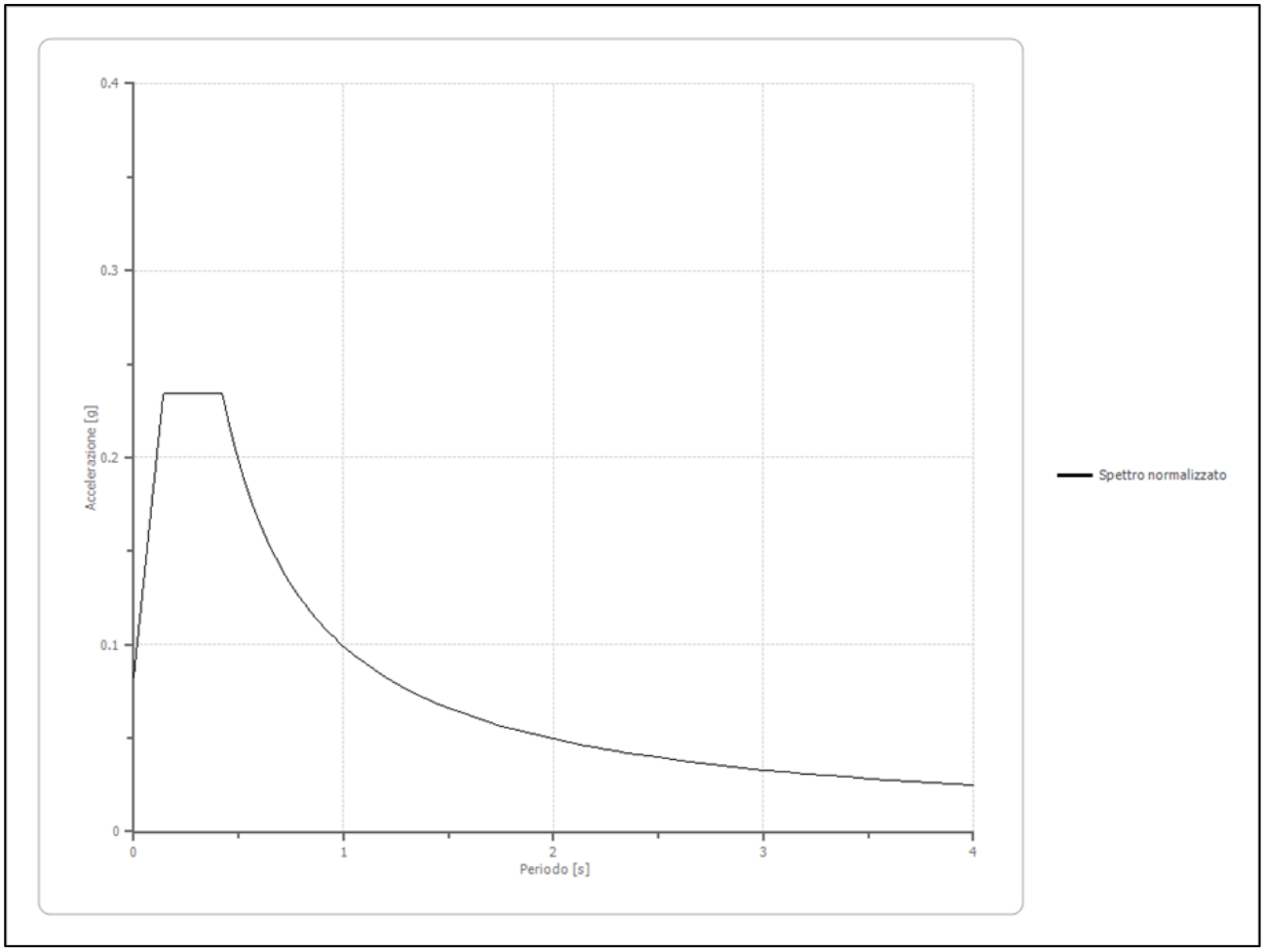
- **Spettro medio di risposta elastico**

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.0934	0.26	0.2464	0.52	0.1260	0.98	0.0740	2.25	0.0260
0.01	0.0934	0.27	0.2453	0.53	0.1247	1.00	0.0719	2.30	0.0250
0.02	0.0934	0.28	0.2341	0.54	0.1239	1.05	0.0658	2.35	0.0249
0.03	0.0960	0.29	0.2344	0.55	0.1229	1.10	0.0643	2.40	0.0249
0.04	0.1050	0.30	0.2512	0.56	0.1218	1.15	0.0645	2.50	0.0244
0.05	0.1178	0.31	0.2520	0.57	0.1211	1.20	0.0646	2.60	0.0241
0.06	0.1284	0.32	0.2402	0.58	0.1198	1.25	0.0651	2.70	0.0232
0.07	0.1514	0.33	0.2312	0.60	0.1161	1.30	0.0660	2.80	0.0220
0.08	0.1758	0.34	0.2235	0.62	0.1141	1.35	0.0664	2.90	0.0202
0.09	0.1736	0.35	0.2159	0.64	0.1115	1.40	0.0669	3.00	0.0185
0.10	0.1866	0.36	0.2138	0.66	0.1084	1.45	0.0660	3.10	0.0176
0.11	0.2011	0.37	0.2057	0.68	0.1057	1.50	0.0636	3.20	0.0169
0.12	0.1991	0.38	0.1983	0.70	0.1026	1.55	0.0615	3.30	0.0162
0.13	0.1897	0.39	0.1920	0.72	0.0992	1.60	0.0592	3.40	0.0156
0.14	0.2031	0.40	0.1830	0.74	0.0975	1.65	0.0568	3.50	0.0148
0.15	0.2337	0.41	0.1738	0.76	0.0956	1.70	0.0537	3.60	0.0142
0.16	0.2556	0.42	0.1648	0.78	0.0937	1.75	0.0502	3.70	0.0136
0.17	0.2619	0.43	0.1558	0.80	0.0907	1.80	0.0466	3.80	0.0131
0.18	0.2728	0.44	0.1531	0.82	0.0882	1.85	0.0439	3.90	0.0123
0.19	0.2616	0.45	0.1525	0.84	0.0849	1.90	0.0413	4.00	0.0115
0.20	0.2561	0.46	0.1505	0.86	0.0812	1.95	0.0389		
0.21	0.2555	0.47	0.1487	0.88	0.0780	2.00	0.0367		
0.22	0.2500	0.48	0.1446	0.90	0.0780	2.05	0.0342		
0.23	0.2501	0.49	0.1378	0.92	0.0777	2.10	0.0320		
0.24	0.2462	0.50	0.1304	0.94	0.0771	2.15	0.0299		
0.25	0.2419	0.51	0.1275	0.96	0.0757	2.20	0.0279		


0.4
0.3
0.2
0.1
0
Accelerazione [[g]]
0
1
2
3
4
Periodo [s]
Spettro medio

- **Spettro normalizzato di risposta elastico**

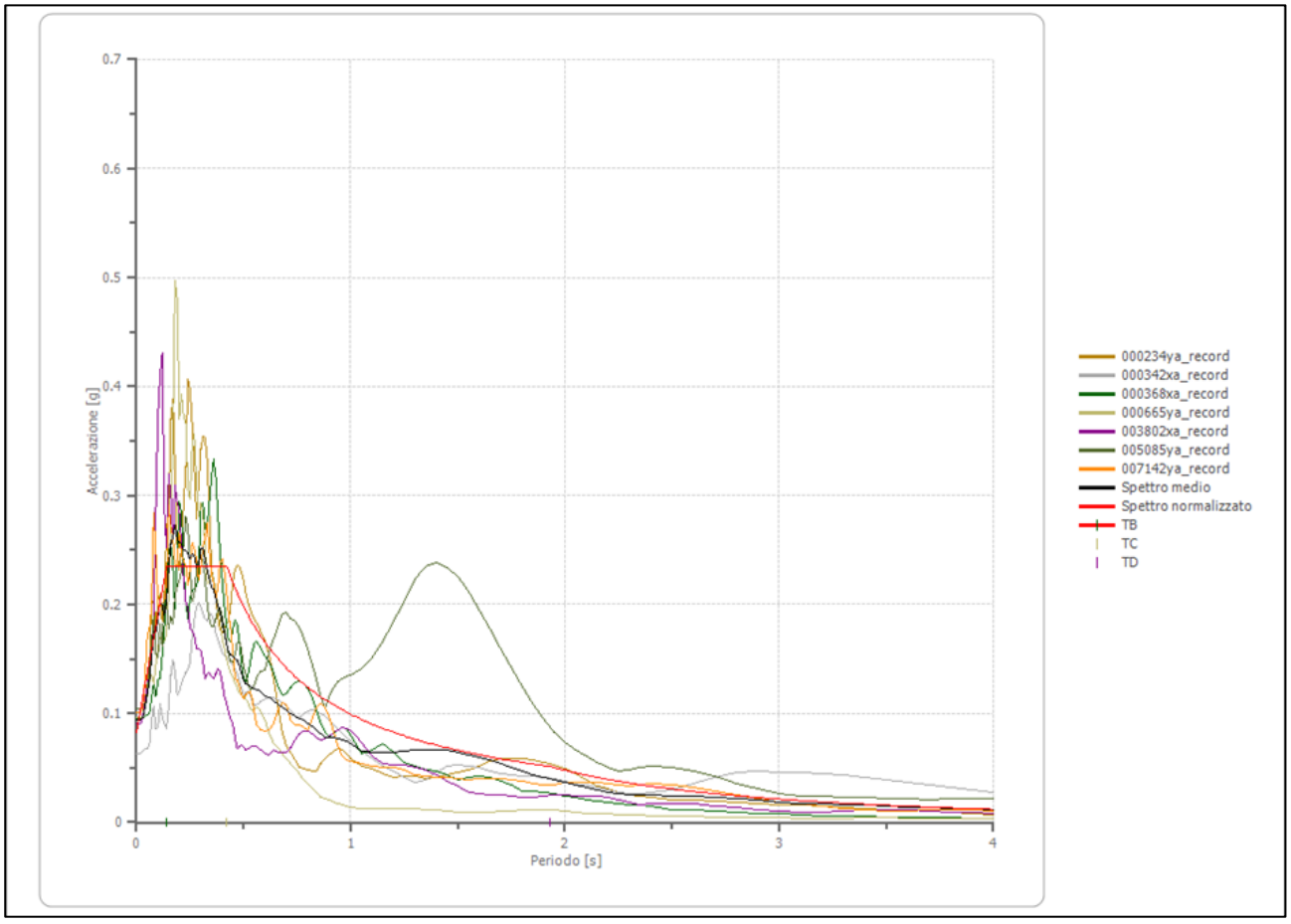
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.0827	0.26	0.2345	0.52	0.1905	0.98	0.1011	2.25	0.0440
0.01	0.0934	0.27	0.2345	0.53	0.1869	1.00	0.0991	2.30	0.0431
0.02	0.1042	0.28	0.2345	0.54	0.1834	1.05	0.0943	2.35	0.0421
0.03	0.1150	0.29	0.2345	0.55	0.1801	1.10	0.0900	2.40	0.0413
0.04	0.1258	0.30	0.2345	0.56	0.1769	1.15	0.0861	2.50	0.0396
0.05	0.1366	0.31	0.2345	0.57	0.1738	1.20	0.0825	2.60	0.0381
0.06	0.1474	0.32	0.2345	0.58	0.1708	1.25	0.0792	2.70	0.0367
0.07	0.1582	0.33	0.2345	0.60	0.1651	1.30	0.0762	2.80	0.0354
0.08	0.1689	0.34	0.2345	0.62	0.1598	1.35	0.0734	2.90	0.0342
0.09	0.1797	0.35	0.2345	0.64	0.1548	1.40	0.0708	3.00	0.0330
0.10	0.1905	0.36	0.2345	0.66	0.1501	1.45	0.0683	3.10	0.0320
0.11	0.2013	0.37	0.2345	0.68	0.1457	1.50	0.0660	3.20	0.0310
0.12	0.2121	0.38	0.2345	0.70	0.1415	1.55	0.0639	3.30	0.0300
0.13	0.2229	0.39	0.2345	0.72	0.1376	1.60	0.0619	3.40	0.0291
0.14	0.2336	0.40	0.2345	0.74	0.1339	1.65	0.0600	3.50	0.0283
0.15	0.2345	0.41	0.2345	0.76	0.1303	1.70	0.0583	3.60	0.0275
0.16	0.2345	0.42	0.2345	0.78	0.1270	1.75	0.0566	3.70	0.0268
0.17	0.2345	0.43	0.2304	0.80	0.1238	1.80	0.0550	3.80	0.0261
0.18	0.2345	0.44	0.2251	0.82	0.1208	1.85	0.0535	3.90	0.0254
0.19	0.2345	0.45	0.2201	0.84	0.1179	1.90	0.0521	4.00	0.0248
0.20	0.2345	0.46	0.2153	0.86	0.1152	1.95	0.0508		
0.21	0.2345	0.47	0.2107	0.88	0.1126	2.00	0.0495		
0.22	0.2345	0.48	0.2064	0.90	0.1101	2.05	0.0483		
0.23	0.2345	0.49	0.2021	0.92	0.1077	2.10	0.0472		
0.24	0.2345	0.50	0.1981	0.94	0.1054	2.15	0.0461		
0.25	0.2345	0.51	0.1942	0.96	0.1032	2.20	0.0450		



- **Parametri spettro normalizzato**

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.083	2.836685	--	0.141	0.422	1.931	0.083	0.234	1.021

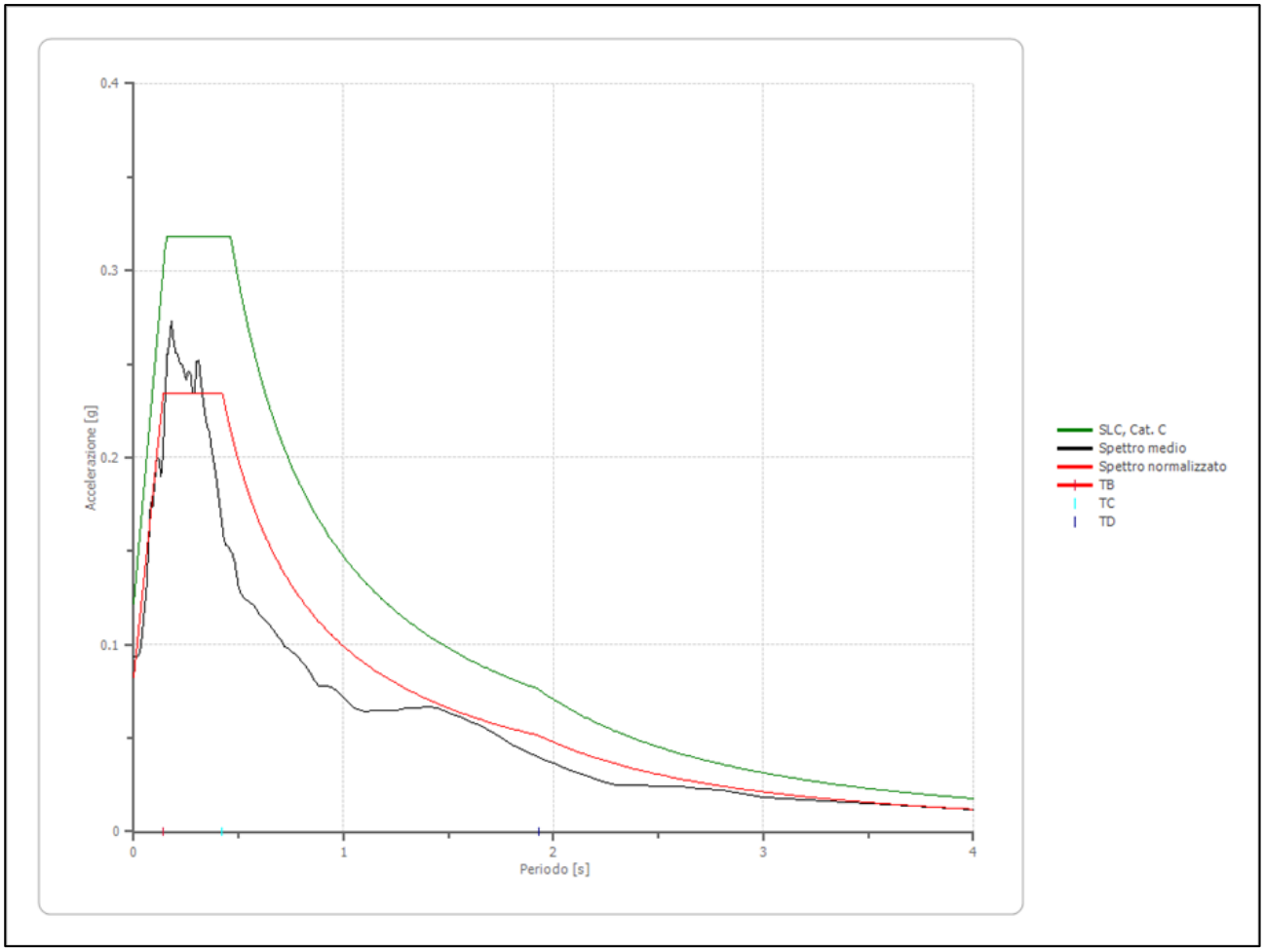
- **Confronto tra gli spettri**



- **Confronto spettro normativa**

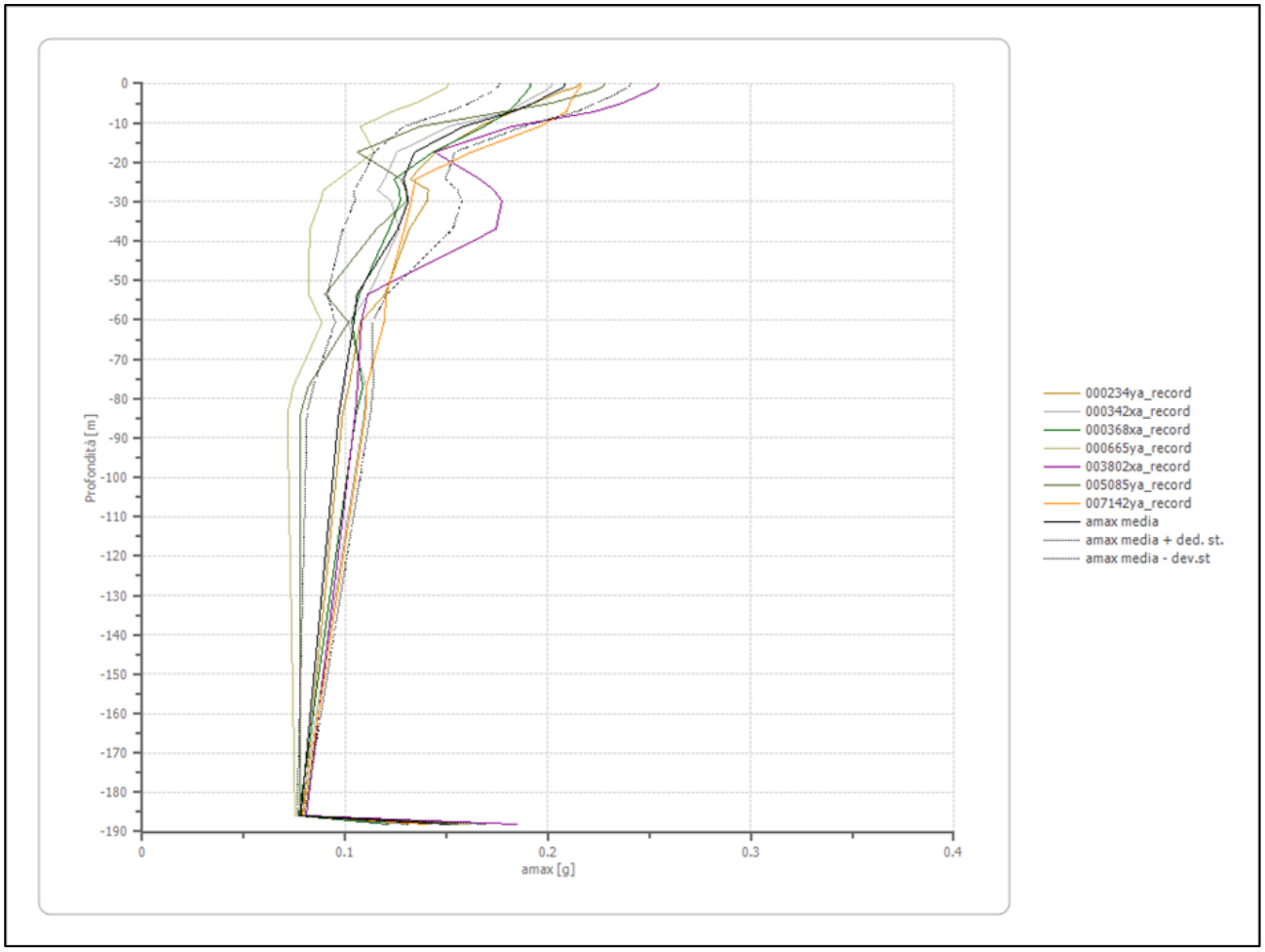
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	30	50	475	975
ag [g]	0.023	0.029	0.064	0.081
Fo	2.535	2.526	2.604	2.617
Tc* [s]	0.181	0.204	0.284	0.294
Ss	1.50	1.50	1.50	1.50
St	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.85	1.77	1.59	1.57
TB [s]	0.111	0.121	0.151	0.154
TC [s]	0.334	0.362	0.452	0.462
TD [s]	1.692	1.716	1.856	1.924
Se(0) [g]	0.035	0.044	0.096	0.122
Se(TB) [g]	0.087	0.110	0.250	0.318



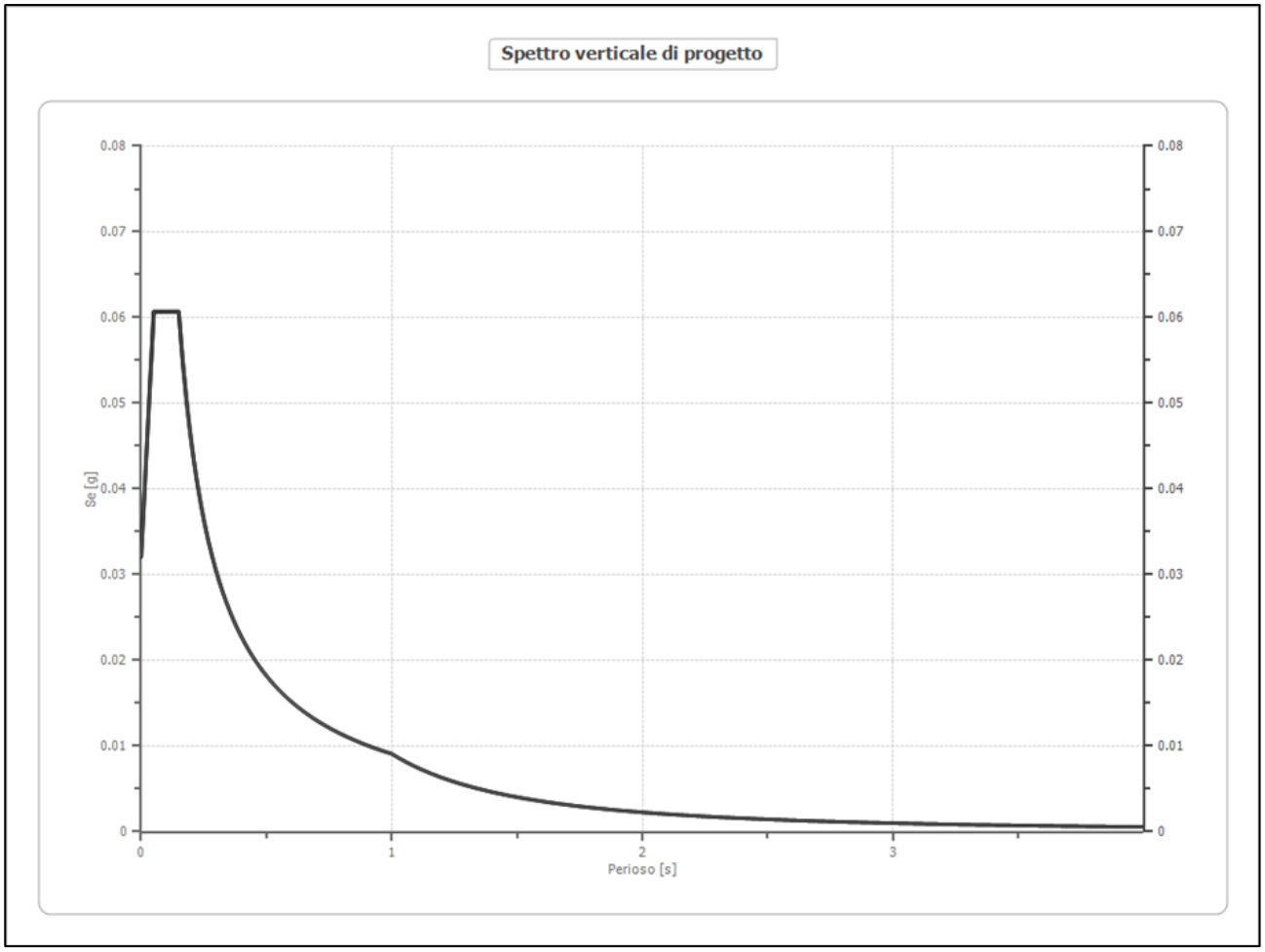
- **Profilo a max**

	0.0 [m]	0.8 [m]	2.0 [m]	5.0 [m]	7.0 [m]	10.8 [m]	17.5 [m]	24.3 [m]	27.2 [m]	30.0 [m]	37.0 [m]	53.5 [m]	60.5 [m]	77.0 [m]	84.0 [m]	186.0 [m]	188.0 [m]
000234ya_record [g]	0.216	0.214	0.208	0.193	0.183	0.166	0.145	0.132	0.141	0.140	0.132	0.120	0.107	0.102	0.099	0.079	0.153
000342xa_record [g]	0.202	0.201	0.199	0.187	0.181	0.151	0.125	0.120	0.116	0.123	0.127	0.112	0.102	0.110	0.109	0.078	0.142
000368xa_record [g]	0.191	0.191	0.190	0.185	0.181	0.169	0.143	0.124	0.127	0.127	0.122	0.107	0.103	0.109	0.105	0.077	0.121
000665ya_record [g]	0.151	0.150	0.147	0.135	0.123	0.108	0.114	0.097	0.089	0.088	0.083	0.082	0.089	0.074	0.072	0.075	0.162
003802xa_record [g]	0.254	0.254	0.250	0.237	0.223	0.183	0.144	0.166	0.173	0.177	0.174	0.111	0.108	0.106	0.105	0.081	0.184
005085ya_record [g]	0.228	0.227	0.223	0.202	0.178	0.137	0.106	0.127	0.130	0.130	0.115	0.090	0.102	0.082	0.078	0.078	0.156
007142ya_record [g]	0.216	0.216	0.214	0.211	0.209	0.196	0.162	0.135	0.133	0.133	0.129	0.120	0.119	0.110	0.110	0.079	0.140
media [g]	0.208	0.208	0.204	0.193	0.183	0.158	0.134	0.129	0.130	0.131	0.126	0.106	0.104	0.099	0.097	0.078	0.151
Dev. St. [g]	0.032	0.032	0.032	0.031	0.031	0.030	0.020	0.021	0.025	0.026	0.027	0.015	0.009	0.015	0.016	0.002	0.020



- **Spettro verticale di progetto**

Ag [g]	F0	Tc*	Fv	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.083	2.837	0.150	1.101	1.5	0.050	0.150	1.000	0.032	0.061



9.8 PARAMETRI SISMICI DI RIFERIMENTO

Di seguito si riportano parametri sismici necessari per la valutazione delle azioni sismiche di progetto attese, determinati sulla base di quanto riscontrato tramite l'apposita analisi di Risposta Sismica Locale svolta per il sito in esame.

Stato Limite	Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
SLO	0.020	3.146636	--	0.081	0.242	1.679	0.020	0.062	0.855
SLD	0.030	2.979307	--	0.098	0.293	1.718	0.030	0.088	1.019
SLV	0.067	2.904092	--	0.118	0.355	1.869	0.067	0.195	1.051
SLC	0.083	2.836685	--	0.141	0.422	1.931	0.083	0.234	1.021

Per calcolare il valore di A_{max} (accelerazione massima) occorre moltiplicare il valore di a_g per il coefficiente di amplificazione sismica (S) tramite la relazione: $A_{max}=a_g$ (m/s^2) · S.

L'accelerazione massima deve essere fornita in m/s^2; pertanto, i valori nominali di a_g precedentemente calcolati vanno moltiplicati per 9.81 m/s^2 e successivamente moltiplicati per i coefficienti di amplificazione sismica S.

Stati limite		a_g (g)	a_g (m/s^2)	S	A_{max} (g)	A_{max} (m/s^2)
SLE	**SLO**	0.020	0.1962	0.855	0.0171	0.1678
	SLD	0.030	0.2943	1.019	0.0306	0.2999
SLU	**SLV**	0.067	0.6573	1.051	0.0704	0.6908
	SLC	0.083	0.8142	1.021	0.0847	0.8313

Infine i coefficienti Kh (coefficiente sismico orizzontale) e Kv (coefficiente sismico verticale) assumono i seguenti valori:

Stati limite		K_h	K_v
SLE	**SLO**	0.007	0.003
	SLD	0.009	0.004
SLU	**SLV**	0.019	0.010
	SLC	0.024	0.012

10 CONCLUSIONI

Sulla base di quanto esposto nel presente elaborato si conclude quanto segue:

- In ragione dell'opera in oggetto si è proceduto all'analisi della risposta sismica locale (RSL);
- L'esecuzione di una Risposta Sismica Locale consente di ottenere una valutazione dell'amplificazione locale più rigorosa dell'approccio semplificato;
- I punti fondamentali nella stima dell'azione sismica, sulla base di specifiche analisi di RSL, possono essere così schematizzati:
  - definizione dell'input sismico rappresentativo dell'azione sismica al tetto del bedrock sismico, da dove si presume che inizi l'amplificazione locale;
  - determinazione di un adeguato modello geologico e parametrizzazione degli strati individuati;
  - esecuzione analisi;
  - scelta e rappresentazione dei parametri di output.
- I risultati ottenuti dalle diverse analisi eseguite ai diversi stati limite hanno permesso di determinare i parametri sismici da utilizzare nelle verifiche progettuali.

ALLEGATO 1 – DOCUMENTAZIONE PROVE MASW/HVSR

Risultati indagini geofisiche

RAPPRESENTAZIONE ED INTERPRETAZIONE DATI SISMICI M.A.S.W.

Al fine di fornire i valori delle V_s, necessarie per la caratterizzazione sismica del sito, è stata realizzata una stesa sismica denominata L1, di lunghezza pari a 60,0 metri con distanza intergeofonica pari a 5,0 metri. L'energizzazione del terreno (sorgente di energia), per la lettura dei tempi di arrivo delle onde Superficiali (Rayleigh), è stata ottenuta impiegando una mazza battente da 10 kg in senso verticale su di una piastra in lega di alluminio aderente al suolo. L'energizzazione è stata effettuata agli estremi dello stendimento ad una distanza di 5,0 metri ed è stata eseguita più volte per garantire l'apprezzabilità dei segnali raccolti dal sistema di acquisizione dati.

Si riporta di seguito il sismogramma frutto della somma di ciascuna acquisizione, filtrato di eventuali disturbi di fondo, scelto per la modellazione (fig. 1):

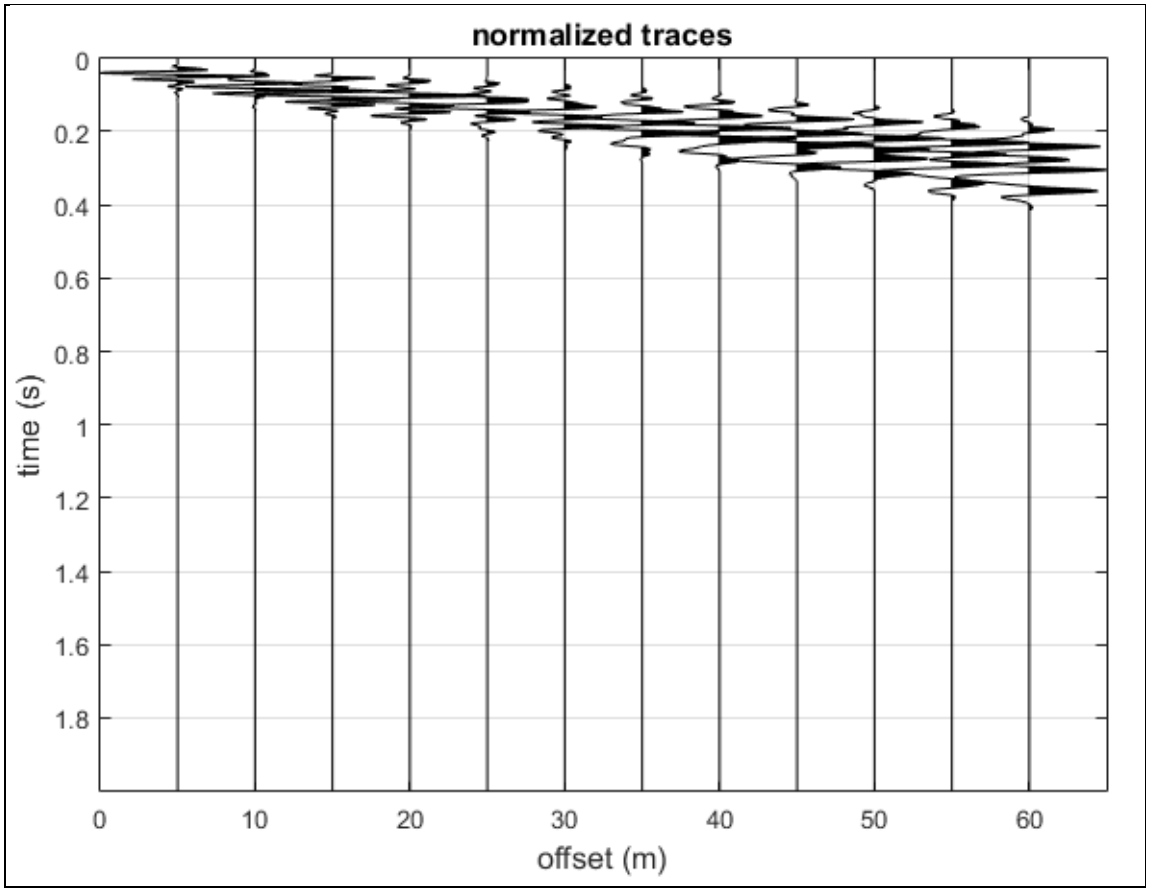


Figura 1: Sismogramma ZVF (onde Rayleigh) base sismica **L1**.

L’elaborazione del sismogramma ha consentito di estrapolare lo spettro di velocità dal quale si è risalito tramite picking alla curva di dispersione (fig. 2) che consente di ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.

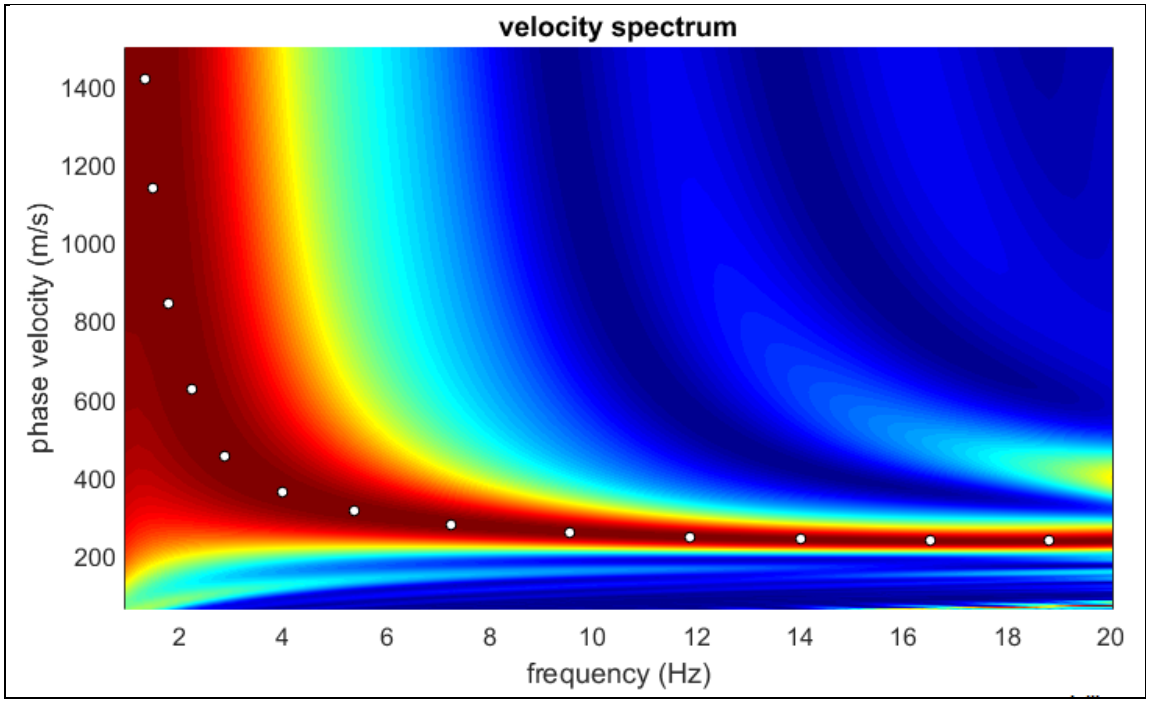


Figura 2: Spettro di velocità base sismica **L1** con picking.

RICOSTRUZIONE DEL SOTTOSUOLO

Dall’inversione della curva di dispersione si è ottenuta la ricostruzione del sottosuolo in orizzonti aventi differenti spessori e valori di velocità:

L1		
Spessore (m)	**Profondità (m)**	**V_S (m/sec)**
0,8	0,0-0,8	**235**
2,7	0,8-3,5	**262**
3,6	3,5-7,1	**288**
3,7	7,1-10,8	**269**
6,7	10,8-17,5	**301**
6,8	17,5-24,3	**371**
2,9	24,3-27,2	**416**
2,8	27,2-30,0	**451**

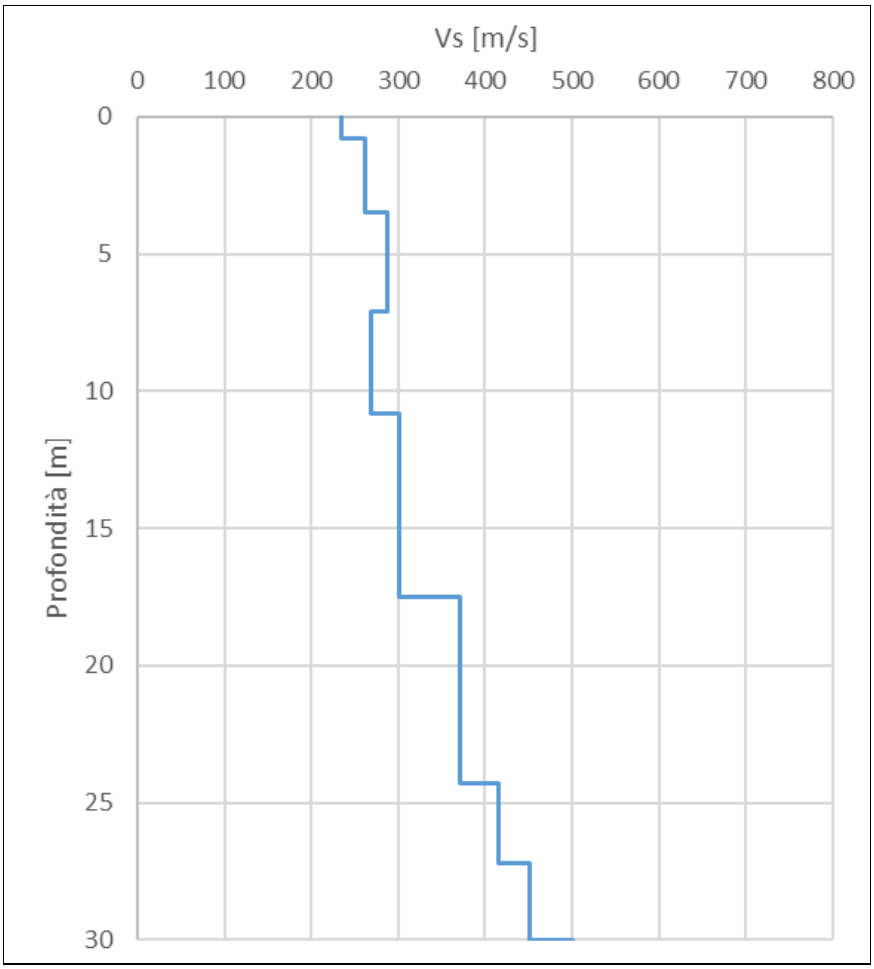


Figura 3: Diagramma delle velocità V_s riferite ai vari strati intercettati nella base sismica **L1**.

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Per quanto riguarda la determinazione della categoria di sottosuolo il D.M. 17.01.2018 prevede una classificazione in cinque categorie principali riportate nella tabella 3.2.II (fig. 4) definite in base ai valori della velocità equivalente $V_{S,eq}$ corrispondente alla velocità media di propagazione delle onde sismiche di taglio a partire dal piano di fondazione (per fondazioni superficiali e per muri di sostegno di terrapieni), dalla testa dei pali o dalla testa dell'opera (per opere di sostegno di terreni naturali), fino alla profondità del substrato sismico, definito come quella formazione caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità di tale substrato superiore a 30m la velocità equivalente $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, considerando le proprietà degli strati di terreno fino alla profondità di 30m.

L'espressione per la determinazione della velocità equivalente $V_{S,eq}$ è la seguente:

$$V_{s,eq} \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_i}}$$

hi = Spessore in metri dello strato i-esimo
Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima
N = Numero di strati
H = Profondità del substrato sismico con Vs>800m/s

Per il sito in esame la categoria di sottosuolo è stata determinata tramite i dati ottenuti dallo stendimento sismico con metodologia M.A.S.W.+H.V.S.R. eseguito in corrispondenza dell'area di indagine.

Dall'elaborazione di tali dati il terreno presenta per la linea eseguita, valori delle **$V_{s,eq}$** corrispondenti alle **$V_{s,30}$** (il substrato sismico non è stato individuato nei primi 30m di profondità) pari a **320,06 m/s**, riferiti all'attuale piano campagna; il terreno è pertanto classificabile in **categoria C** "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,* caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D,* con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 4: Tabella 3.2.II "Categorie di sottosuolo" – D.M. 17.01.2018.

ANALISI DI 2° LIVELLO

Effetti litologici – Stima del Fattore di Amplificazione F_a

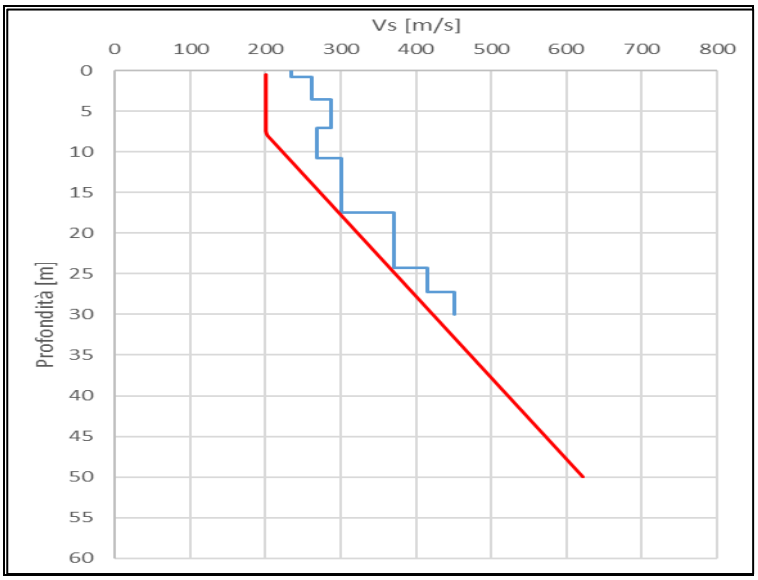
La valutazione degli effetti di amplificazione dovuti alla litologia è avvenuta mediante la procedura semplificata di 2° livello riportata nella D.G.R. 8/7374 del 28 Maggio 2008 e successivamente ripresa dalla D.G.R. IX/2616 del 30 Novembre 2011 di Regione Lombardia; la sua applicazione richiede la conoscenza della litologia prevalente dei materiali presenti in sito; e dell'andamento delle $V_{S,eq}$ con la profondità (spessore e velocità $V_{S,eq}$ di ciascuno strato); per la loro determinazione sono stati utilizzati i risultati ottenuti dalla esecuzione delle prove penetrometriche realizzate in sito unitamente ai dati relativi ad indagini geognostiche già realizzate ed alle stratigrafie delle indagini eseguite sul territorio comunale oltre che ai risultati emersi dall'esecuzione dell'indagine geofisica M.A.S.W.. La procedura fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valori di Fattori di Amplificazione (F_a) dal punto di vista degli effetti litologici, al fine di determinare se la normativa nazionale risulta sufficiente o meno nella stima degli effetti di amplificazione sismica locale sulla base del confronto tra gli F_a calcolati e quelli di riferimento indicati dalla Regione Lombardia per ciascun comune; lo studio è condotto con metodi quantitativi semplificati, validi per le amplificazioni litologiche ed è utilizzato per caratterizzare l'area in esame in funzione del fattore F_a. Tale valore di F_a si riferisce quindi agli intervalli di periodo 0.1-0.5s e 0.5-1.5s, in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più rappresentate sul territorio regionale, rispettivamente riferibili a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide (max. 4 piani) ed a strutture alte e flessibili (5 o più piani).

Sulla base dei parametri geotecnici e litologici si individua la litologia prevalente del sito e da questa si sceglie la relativa scheda di riferimento tra quelle riportate nella citata normativa regionale, che può essere utilizzata se l'andamento delle $V_{S,eq}$ ricade nel campo di validità dell'apposito diagramma riportato nella scheda. Successivamente ricavando lo spessore del primo "sismo-strato" con $V_{S,eq}$ pari ad almeno 200 m/s (il cui spessore deve essere di almeno 4 metri) si determina quali curve tra quelle riportate nella scheda per i due diversi intervalli di periodo descritti occorre utilizzare per la valutazione del Fattore di Amplificazione, sulla base del periodo T del sito (calcolato a partire dall'andamento delle $V_{S,eq}$ con la profondità fino agli 800 m/s direttamente misurati o ipotizzati con adeguato gradiente).

STIMA DEGLI EFFETTI LITOLOGICI
ai sensi della D.G.R. IX/2616 - 30.11.2011 di Regione Lombardia

Scheda "LITOLOGIA LIMOSO-SABBIOSA TIPO 2"

L1		
Spess. (m)	**Prof. (m)**	**V_s (m/s)**
0,8	0,8	235
2,7	3,5	262
3,6	7,1	288
3,7	10,8	269
6,7	17,5	301
6,8	24,3	371
2,9	27,2	416
2,8	30,0	451

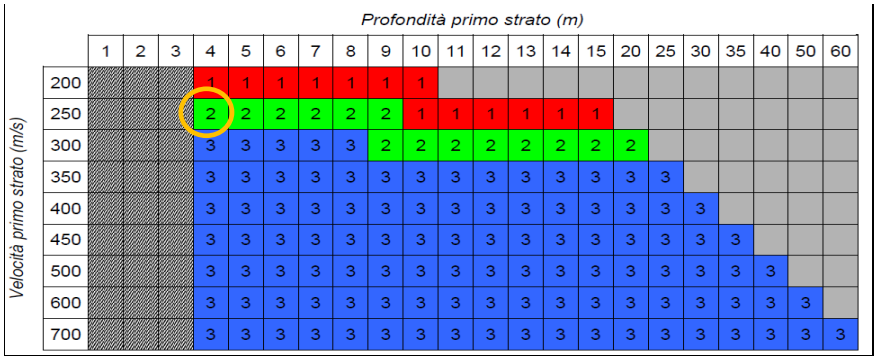


$V_{S,eq}$ (m/s)	Cat. sottosuolo
320,06	C

Periodo T (s)
0,68

Primo strato	
Prof. (m)	4,0
V_s (m/s)	259,9

Curva caratteristica	
n.	3



VERIFICA

Periodo	Valori F_a di sito	Valori F_a di soglia Comune di VIGNATE			
		Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1 < T < 0.5 s	**1,90**	1,40	**1,90**	2,20	2,00
0.5 < T < 1.5 s	**1,55**	1,70	**2,40**	4,20	3,10

La procedura ha permesso di stimare gli F_a con le schede di valutazione sopra riportate e di confrontarli con i corrispettivi valori di soglia, considerando una variabilità di ±0.1, che tiene conto la variabilità dei valori degli F_a ottenuti.

Dalla verifica deriva che, sia nel caso di edifici bassi che caso di edifici alti, il valore di F_a calcolato e riferito alla categoria di suolo C è inferiore al valore di riferimento; pertanto, lo spettro proposto dalla normativa per suoli di tipo C risulta sufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

RAPPRESENTAZIONE ED INTERPRETAZIONE DATI SISMICI H.V.S.R.

Al fine di fornire i valori di frequenza caratteristica del sito è stata eseguita una acquisizione puntuale (TR1) in passivo del microtremore sismico ambientale mediante geofono triassiale 3D per una durata di 20 minuti. Si riportano di seguito i relativi diagrammi H/V elaborati dalla misurazione effettuata sull'area (fig. 5, fig. 6, fig. 7).

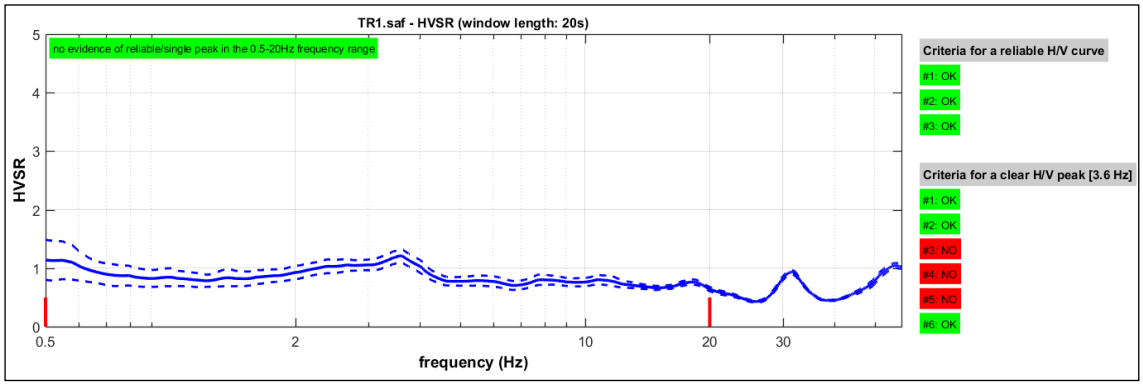


Figura 5: Rapporti spettrali H/V vs Hz rilevazione sismica passiva **TR1**.

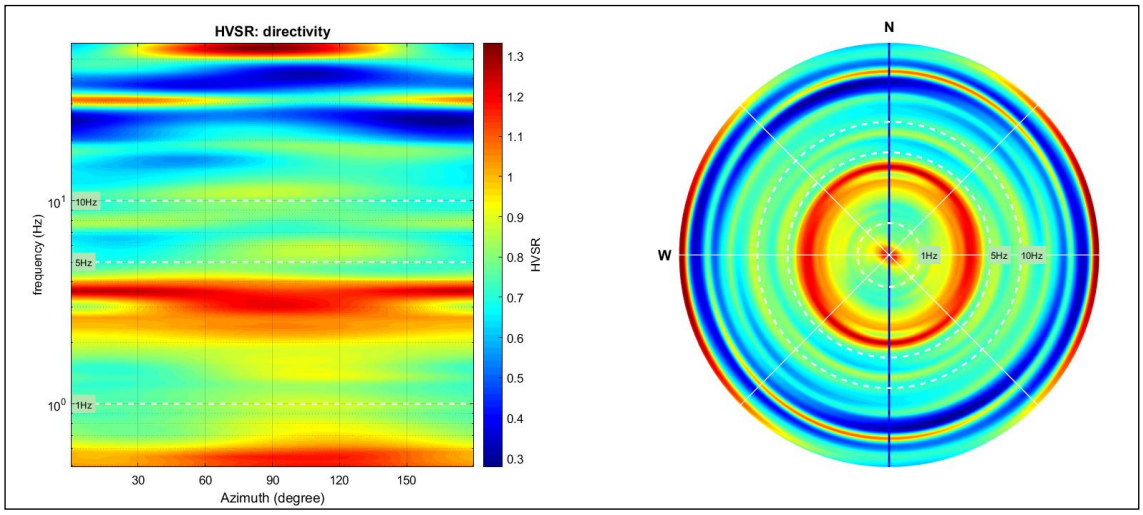


Figura 6: Direzionalità H/V rilevazione sismica passiva **TR1**.

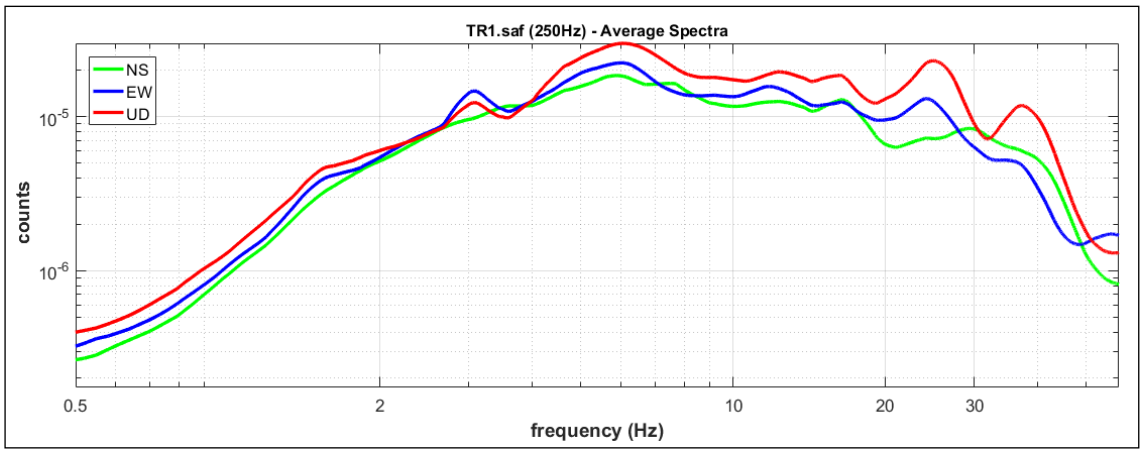


Figura 7: Spettri delle singole componenti rilevazione sismica passiva **TR1**.

FREQUENZA CARATTERISTICA DI RISONANZA DEL SITO

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dalla sua altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula:

freq. naturale edificio ≅ 10 Hz / numero piani

Si tenga conto che se si verifica la seguente somiglianza tra risonanza del terreno e della struttura, si creano condizioni di pericolo, perché si dà luogo alla massima amplificazione:

freq. naturale edificio ≅ freq. naturale coperture

Dall'elaborazione dei risultati e dall'analisi degli stessi non si osservano importanti contrasti di impedenza che generano picchi accentuati anche se è possibile è possibile riconosce un picco principale alla frequenza di 3.60 Hz.

Si evince che tali valori di frequenza caratteristica ed i valori di frequenza fondamentale di risonanza delle strutture esistenti ed in progetto dovranno essere sufficientemente diversi così da non comportare il verificarsi di fenomeni di doppia risonanza.